

Departement für Pferde, Klinik für Pferdechirurgie
der Vetsuisse- Fakultät, Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. Anton Fürst, dipl. ECVS

**Vergleich der bildgebenden Diagnostik von Computertomographiebefunden
mit den Röntgen- und Ultraschallbefunden
bei 50 Warmblutpferden mit
Fesselträgerursprungserkrankungen**

Retrospektive Studie 2008 – 2012

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Christina Maria Jungmann

Tierärztin
von Bühl/Baden, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. med. vet. Anton Fürst, Referent
Prof. Dr. med. vet. Patrick Kircher, Korreferent

Zürich 2014

1 Inhaltsverzeichnis	
2 Zusammenfassung	3
3 Summary	4
4 Einleitung	5
5 Literaturübersicht	6
5.1 Röntgen	6
5.2 Ultraschall	7
5.3 Szintigraphie	9
5.4 Computertomographie (CT)	10
5.5 Magnetresonanztomographie (MRT)	11
5.6 Literaturverzeichnis	14
6 Eigene Untersuchungen/ Manuskript	15
6.1 Zusammenfassung	16
6.2 Einleitung	18
6.3 Material und Methode	20
6.3.1 Pferde	20
6.3.2 Bildauswertung	21
6.3.3 Bildgebende Diagnostik	22
6.3.3.1 Röntgen	22
6.3.3.2 Ultraschall	22
6.3.3.3 Computertomographie (CT)	22
6.3.4 Statistische Auswertung	23
6.4 Ergebnisse	25
6.4.1 Röntgen	27
6.4.2 Ultraschall	27
6.4.3 CT	28
6.4.4 Vergleich von CT mit Röntgen und Ultraschall	29

6.4.5 Dorsopalmare/- plantare (DP)- Messungen	36
6.4.6 Bildauswertung (Beispiele)	37
6.4.7 Lahmheitsgrad	44
6.5 Diskussion	46
6.6 Referenzen	50
7 Danksagung	
8 Curriculum Vitae	

2 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Computertomographie (CT)- Befunde mit den Ultraschall (US)- und Röntgen (Rö)- Befunden von 50 Warmblutpferden mit einer Erkrankung des Fesselträgerursprungs (FTU) verglichen.

Hierfür wurden folgende Kriterien in Bezug auf Knochen- und Weichteilveränderungen festgesetzt: Sklerosierung, unregelmäßige palmare/ plantare Knochenlinie, knöcherne Ausrisse, Mineralisationen des Sehnengewebes, Größenzunahmen des FTUs, Echogenitäts- und Strukturveränderungen sowie die vergleichende Messung der dorsopalmaren/ -plantaren (DP) Breite im US und CT.

Die Auswertung ergab folgende Übereinstimmungen: sehr geringe Übereinstimmung für unregelmäßige Knochenlinien/ Sklerosierung sowohl zwischen CT und US als auch zwischen CT und Rö, geringe Übereinstimmung für Struktur-/ Echogenitätsveränderungen zwischen CT und US, ausreichende Übereinstimmung für knöcherne Ausrisse zwischen CT und US sowie zwischen CT und Rö, Mineralisationen und Größenzunahmen des FTUs. Die Messergebnisse der DP-Messungen wiesen im CT an Vorder- und Hintergliedmaßen eine geringere Standardabweichung auf. Für die Gesamtheit aller Messungen ($r=0.808$) und die Messungen der Vordergliedmaßen im Einzelnen ($r=0.708$) wurde eine positive Korrelation ermittelt.

Das CT wies bei der FTU-Diagnostik von Knochen- und Weichteilveränderungen die größte anatomische Detailgenauigkeit auf und ermöglichte durch die Darstellung verschiedener Schnittebenen eine präzise Diagnosestellung.

3 Summary

The results of computed tomography (CT) were compared with those of radiography (Xr) and ultrasonography (US) for diagnosis of proximal suspensory desmitis (PSD) in 50 warmblood horses.

The following criteria were used, based on osseous and soft tissue injuries characteristic of PSD: sclerosis and irregular outline of the proximal palmar/plantar cortex of the third metacarpal/metatarsal bone, avulsion fractures, soft tissue mineralisation, enlargement of the suspensory ligament, abnormalities in echogenicity and structure of the suspensory ligament and thickness of the suspensory ligament at its origin measured by US and CT.

There was very poor agreement between CT and US and between CT and Xr with respect to the characterisation of the cortical outline of the third metacarpal/metatarsal bone and detection of sclerosis. There was poor agreement between CT and ultrasonography for characterisation of the echogenicity and structure of the suspensory ligament, and moderate agreement between CT and ultrasonography and between CT and radiography with respect to the diagnosis of avulsion fractures, soft tissue mineralisation and thickening of the suspensory ligament. Compared with ultrasonographic measurements, there were smaller standard deviations for all CT measurements (the forelimbs and hind limbs combined) of the thickness of the suspensory ligament and for the forelimbs when analysed separately. There were significant correlations between CT and US for all measurements ($r=0.808$) and for the forelimbs alone ($r=0.708$).

Compared with radiography and ultrasonography, CT provided more anatomic detail of bone and soft tissue changes, and multiple slice images allowed a more reliable diagnosis of proximal suspensory desmitis.

4 Einleitung

Erkrankungen des Fesselträgers, im Besonderen des Fesselträgerursprungs (FTU), kommen in den letzten Jahren als Lahmheitsursache bei Pferden eine immer größer werdende Bedeutung zu. Auf Grund dessen ist es wichtig, die Diagnostik von Fesselträgerursprungserkrankungen zu präzisieren und verschiedene Möglichkeiten der Diagnostik genauer zu betrachten. Hierbei gilt es insbesondere die schwer zugängliche Lage des FTUs sowie die Besonderheiten der histologischen Zusammensetzung aus unterschiedlichen Anteilen von Muskel- und Sehngewebe zu berücksichtigen und trotz benannter erschwerter Gegebenheiten eine präzise bildhafte Darstellung des FTUs und der knöchernen Strukturen des proximopalmaren resp. proximoplantaren Bereiches des Röhrlbeins zu ermöglichen. Die Fachliteratur kommt dem durch zahlreiche Publikationen auf dem Gebiet der FTU- Diagnostik nach. Die Autoren befassen sich hierbei vor allem mit der Anwendung von Röntgen, Ultraschall, Szintigraphie und Magnetresonanztomographie (MRT). Die Computertomographie eignet sich für die Diagnostik von FTU- Erkrankungen ebenfalls, detaillierte Informationen hierzu fehlen jedoch in der Literatur. Um die Bedeutung und Aussagekraft der Computertomographie im Vergleich zu Röntgen und Ultraschall auf dem Gebiet der FTU- Diagnostik darzustellen, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit einem Vergleich der Computertomographiefunde mit den Röntgen- und Ultraschallbefunden von 50 Warmblutpferden, bei denen klinisch eine FTU- Erkrankung diagnostiziert wurde.

5 Literaturübersicht

Erkrankungen des Fesselträgers treten bei Pferden sehr häufig auf. Sie betreffen Ursprung (FTU), Körper sowie die Schenkel des Fesselträgers. Auf Grund der anatomischen Lage des Fesselträgers ist seine Zugänglichkeit und Darstellung für die Untersuchung bildgebender Verfahren wie Röntgen und Ultraschall schwierig. Aus diesem Grunde finden bei der FTU- Diagnostik die moderneren Verfahren wie Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) zunehmend Anwendung. Eine weitere Möglichkeit besteht in der szintigraphischen Untersuchung des Fesselträgers.

Im Folgenden soll ein Überblick über die Möglichkeiten der bildgebenden Diagnostik bei FTU- Erkrankungen gegeben werden. Hierbei sollen sowohl die Darstellung der Pathologien einer FTU- Erkrankung mittels Bildgebung als auch mögliche Störfaktoren, die die Diagnosestellung erschweren können, erläutert werden.

5.1 Röntgen

Röntgenologische Veränderungen sind bei Erkrankungen des FTUs nicht immer vorhanden. Befunde liegen zumeist bei chronischem Krankheitsverlauf und häufiger an der Hintergliedmaße (HGM) vor. In der Regel werden bei der FTU- Diagnostik dorsopalmare/-plantare, lateromediale sowie schräge Aufnahmen verwendet. Zur Diagnose von Avulsionsfrakturen können zusätzlich Aufnahmen am aufgehobenen Bein von Nutzen sein.

Röntgenologische Veränderungen bei FTU-Erkrankungen [1,2]

- Sklerosierung des proximalen Mk 3/Mt 3, wobei an der Vordergliedmaße (VGM) verstärkt der mediale Bereich, an der HGM hingegen der laterale und zentrale Bereich häufiger betroffen sind
- Veränderung der Trabekelstruktur des Röhrlbeins
- Verdickter palmarer/plantarer Kortex des Mk 3/ Mt 3
- Enthesiophytenbildung (auf Grund der Überlagerung durch die Griffelbeine eher schwer erkennbar)
- Knöcherne Ausrisse (=Avulsionsfraktur) in Form von ausgestanzten Bereichen oder halbmondförmigen transparenten Linien
- Mineralisation im FTU

Eine Herausforderung für die Röntgendiagnostik im Bereich der proximalen Metakarpal-/ Metatarsalregion stellen Summationseffekte und das Mach-Phänomen dar. Diese entstehen durch die Überlagerung des Mk/ Mt 2 und 4 mit dem Mk 3/ Mt 3, die eine unterschiedliche radiologische Dichte aufweisen. Hierdurch werden auf dem Röntgenbild vier oder mehr separate Kortices übereinander projiziert. Durch die zusätzliche Überlagerung der Kollagenfasern der Sehnen sowie des Fesselträgers entsteht eine komplexe Anordnung von Ecken, Schatten und Aufhellungen insbesondere im Bereich des FTUs, wo Sklerosierungen zu erwarten wären. Diese Artefaktbildung birgt die Gefahr einer optischen Täuschung, die zu einem falsch positiven röntgenologischen Befund führen kann.

5.2 Ultraschall

Ultrasonographische Veränderungen sind im akuten Stadium der Erkrankung meist subtil und nicht immer nachweisbar. Um die diagnostische Aussagekraft der Ultraschalluntersuchung zu erhöhen, ist eine Wiederholung der Untersuchung nach 2-4 Wochen anzuraten [7]. Die Evaluierung der Ultraschallbilder erfolgt im Longitudinal- und Transversalschnitt und wird am erkrankten sowie am kontrolateralen gesunden Bein vergleichsweise durchgeführt. Die Untersuchung erfolgt sowohl am belasteten als auch am aufgehobenen Bein mit linearem und/ oder mikrokonvexem Schallkopf [3]. Um den FTU vollständig darstellen zu können, ist eine palmare/ plantare sowie mediolaterale als auch lateromediale Ausrichtung des Schallkopfes empfehlenswert, da hierdurch auch die seitlichen Ränder dargestellt werden können.

Ultrasonographische Veränderungen bei FTU- Erkrankungen [2]:

- Vergrößerung des FTUs in medianer/ transversaler Ebene (fehlender Abstand zwischen dorsalem Rand des FTUs und palmarer/ plantarer Knochenlinie)
- Schlechte Abgrenzung (Demarkierung) einer oder mehrerer Ränder, insbesondere des dorsalen Randes
- Hypoechogene Bereiche (diffus über die gesamte Querschnittsfläche verteilt, eine oder mehrere schlecht definierbare Bereiche zentral oder mehr peripher gelegen)

- Anechogene Bereiche (Core lesion = gut umschriebene zumeist zentral gelegene hypo- bis anechogene Bereiche)
- Unregelmäßige palmare/plantare Knochenlinie des proximalen Mk 3/Mt 3
- Fokale Mineralisation des Sehnengewebes

Darüber hinaus finden verschiedene Messoptionen wie dorsopalmare/-plantare, lateromediale Breite sowie Cross Sectional Area (CSA) in der Praxis Anwendung.

Echoscore (ES) und Fibre Alignment Score (FAS) bieten die Möglichkeit, den Heilungsverlauf eines Defektes zu überprüfen [4].

Beeinträchtigt werden die Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung durch die Besonderheiten in der Anatomie des FTUs sowie durch äußere Einflussfaktoren.

Die seitliche Begrenzung durch die Griffelbeine führt zu hypoechogener Artefaktbildung an den Rändern des FTUs, wodurch diese nicht ausreichend beurteilt werden können. Zur präziseren Beurteilung der Ränder wird die oben erwähnte zusätzliche Untersuchungstechnik der mediolateralen und lateromedialen Schallkopfausrichtung empfohlen.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Interpretation der Bilder stellt die inhomogene Gewebszusammensetzung des FTUs aus Sehnen-, Muskel- und Fettgewebe dar. Muskelgewebe stellt sich im Ultraschall hypoechogener als Sehnenfasern dar, wodurch der FTU in Transversalscans keine homogene Echogenität aufweist und Muskelgewebe fälschlicherweise als Läsion interpretiert werden kann. Auf Grund des unterschiedlich hohen Muskelgewebsanteil in der Zusammensetzung des FTUs, der individuell stark variiert, kann nur der kontrolaterale Vergleich Aufschluss über das Vorhandensein einer Läsion im FTU geben. Das Muskelgewebe weist in der Regel auf dem kontrolateralen Bein dasselbe Verteilungsmuster auf, was eine Gewebszuordnung erleichtert. Weiter dient die Lokalisation im medialen/ lateralen Kopf des proximalen Bereich des Fesselträgers als Anhaltspunkt für das Vorhandensein eines FTU- Defektes.

Die schräge Verlaufsrichtung der Sehnen- und Muskelfasern im proximalen Metakarpal-/ Metatarsalbereich erschwert die rechtwinklige Ausrichtung des Schallkopfes zu den Fasern, wodurch der FTU auf Longitudinalscans proximal eine geringere Echogenität als im Verlauf weiter distal aufweist.

Darüber hinaus wird die Qualität des Untersuchungsergebnisses erheblich durch die Erfahrung des Untersuchers, die Qualität des Equipments sowie physische Gegebenheiten beeinflusst.

Die richtigen Einstellungen des Ultraschallgerätes sind unerlässlich für eine genaue Diagnosestellung. Hierbei gilt es insbesondere die Gain-Einstellungen richtig zu wählen, da eine zu hohe Gain-Einstellung kleine Defekte im FTU verschwinden lässt.

Physische Gegebenheiten sind maßgeblich für die Artefaktbildung verantwortlich [5]. Im Bereich des proximalen Metakarpal-/ Metatarsalbereiches zählen hierzu:

- *Zystenrandartefakt (Edge shadowing)*
Brechungsartefakte der Schallwellen, die durch die tiefe metakarpale/ metatarsale Anastomosenbildung der Venen sowie durch die überlagernden Beugesehnen und Bänder verursacht werden
- *Lokalanästhesien (HPA, FTU- Anästhesie) [6]*
Verfälschen das Ergebnis, falls diese vor der Ultraschalluntersuchung durchgeführt wurden, da durch die Injektion Flüssigkeit und Luft in das Gewebe gelangen, die zu anechogener/ hypoechogener Artefaktbildung führen

5.3 Szintigraphie

Die Szintigraphie stellt eine weitere Möglichkeit der FTU- Diagnostik dar. Eine alleinige szintigraphische Untersuchung ist nicht spezifisch genug für die FTU- Diagnostik, da bei FTU- Erkrankungen, die nur das Sehngewebe betreffen, in vielen Fällen keine gesteigerte Aufnahme des Radiopharmakons vorhanden ist. In Verbindung jedoch mit den Ergebnissen von Röntgen- und Ultraschalluntersuchungen kann sie zusätzliche Informationen insbesondere in Bezug auf knöcherne Veränderungen (Avulsionsfrakturen, Mikrofissuren des palmaren/ plantaren Kortex des Mk 3 Mt 3, Exostosen des Mk/Mt 2/4 und Fissuren des Mk/ Mt 2/4) im Bereich des FTUs geben, da diese häufig keine Veränderungen auf Röntgenaufnahmen zeigen und ultrasonographisch nicht beurteilbar sind [7].

Eine verstärkte Anreicherung im Bereich des FTUs stellt kein eindeutiges Indiz für einen Defekt des FTUs dar, sondern tritt auch im Falle einer knöchernen Veränderung ohne ultrasonographisch sichtbare Veränderungen des Weichteilgewebes auf, wodurch die Diagnosestellung erschwert wird [8].

Szintigraphische Veränderungen bei FTU- Erkrankung:

- Erhöhte Anreicherung des Radiopharmakons im Bereich des proximalen Mk 3/ Mt 3 fokal oder generalisiert
- Erhöhte Anreicherung des Radiopharmakons im Bereich der Griffelbeine

5.4 Computertomographie (CT)

Das CT bietet die Möglichkeit, sowohl knöcherne Veränderungen als auch Weichteilveränderungen gleichzeitig mit großer anatomischer Detailgenauigkeit darstellen und beurteilen zu können. Weitere Vorteile der CT- Untersuchung bestehen in der Darstellung verschiedener Schnittebenen (sagittal, dorsal, transversal sowie schräg) sowie der 3D- Rekonstruktion der untersuchten Region, die eine genauere Diagnosestellung ermöglichen. Äußere Störfaktoren, die zur Artefaktbildung auf den CT- Bildern führen, können auf Grund der Durchführung der nach einem standardisierten Protokoll weitgehend ausgeschlossen werden. Artefakte, die durch physische Gegebenheiten verursacht werden, sind bei der Untersuchung im Bereich des proximalen equinen Metakarpus/ Metatarsus von untergeordneter Bedeutung.

Der Nachteil des CTs besteht im geringeren Weichteilkontrast im Vergleich zur Magnetresonanztomographie (MRT). Strukturveränderungen des Fesselträgers (FT) sind im CT aus diesem Grunde schwieriger zu identifizieren als in der MRT. Muskelgewebe und Sehnendefekte weisen auf den CT- Bildern ähnliche Hounsfield-Units-Werte (HU-Werte) auf, wodurch die Differenzierung von Muskelgewebe und vorliegenden Defekten des Sehnengewebes nicht immer sicher erkannt werden kann. Um die Darstellung von Pathologien des Weichteilgewebes verbessern zu können, besteht die Möglichkeit zur Anwendung von Kontrastmitteln während der CT- Untersuchung.

Anzeichen einer FTU- Erkrankung im CT [9]:

- Verdickung/ Schwellung eines oder beider Köpfe des proximalen Fesselträgers (Verschiebung des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne sowie des Beugesehnenpaketes)
- Struktur des FTUs weist ein marmoriertes Erscheinungsbild mit hypodensen und / oder hyperdensen Bereichen auf
- Schlecht abgrenzbare Ränder des FTUs
- Weichteilgewebsmineralisationen
- Exostosenbildung des palmaren/ plantaren Kortex des Mk 3/ Mt 3
- Knöcherne Ausrisse des palmaren/ plantaren Kortex des Mk 3/ Mt 3
- Verdickung des palmaren/ plantaren Kortex des Mk 3/ Mt 3
- Exostosenbildung des Mk/Mt 2/4 im Bereich des FTU
- Syndesmopathien zwischen Mk/Mt 2/4 und FTU
- Unregelmäßige axiale Ränder der Griffelbeine

5.5 Magnetresonanztomographie (MRT)

Die MRT stellt ein junges, nicht invasives Untersuchungsverfahren dar, die auf der magnetischen Eigenschaft von Wasserstoffprotonen basiert. Durch die Entwicklung von offenen, halb-offenen und Systemen mit einer grossen Gantry steht dieses bildgebende Verfahren auch zur Untersuchung des lebenden Pferdes zur Verfügung [7]. Durch ihren hohen Weichteilkontrast können selbst geringgradige Veränderungen in Sehnen, Bändern, Menisken, Gelenkkapseln, Gelenkflüssigkeit und Gelenkknorpel dargestellt werden, wodurch diese Technik eine hohe diagnostische Sensitivität besitzt. Im Vergleich zum CT kann hingegen insbesondere kompakter Knochen auf Grund seines geringen Wassergehaltes, schlechter dargestellt werden [8]. Entscheidend für eine präzise Diagnosestellung mithilfe des MRTs ist die genaue Kenntnis der Darstellung von gesunden und pathologisch veränderten Strukturen auf MRT- Bildern verschiedener Pulssequenzen, da es ansonsten zu Fehlinterpretationen der Befunde kommt. Ebenso wie das CT weist das MRT eine hohe anatomische Detailgenauigkeit durch die Darstellung in sagittalen, transversalen und dorsalen Ebenen auf.

Die Durchführung nach einem standardisierten Protokoll kann die Störung durch äußere Einflüsse weitgehend minimieren, dennoch treten Artefaktbildungen bei MRT- Untersuchungen im Vergleich zum CT häufiger auf.

Magnetresonanztomographische Veränderungen bei FTU- Erkrankung [10,11]:

- Knochenbeteiligung des Mk 3/ Mt 3: geringe Signalintensität (SI) der palmaren/ plantaren Markhöhle und des Endostium auf PD-, T1-, T2-gewichteten Bildsequenzen und/ oder hohe SI auf STIR- Aufnahmen auf Grund der Zerreißung der Sharpeyschen Fasern im Insertionsbereich des Fesselträgers („bone marrow like edema“)
- Sklerosierungen des Mk 3/ Mt 3 sowie bei chronischem Krankheitsverlauf: geringe SI des proximopalmaren/- plantaren Mk 3/ Mt 3 auf transversalen PD- und T2- Bildsequenzen
- Verdickung des palmaren/ plantaren Kortex des Mk 3/ Mt 3
- Weichteildefekte/ Strukturverluste des FTUs:
 - Akute Verletzungen: erhöhte Signalintensität (SI) im Bereich des medialen/ lateralen Kopfes des FTUs auf STIR-, PD- und T2- Sequenzen
 - Zu Beginn des Heilungsprozesses: normale geringe SI im Bereich des proximalen Fesselträgers nimmt zu; SI auf STIR-, PD- und T2- Sequenzen jedoch geringer als in der akuten Phase
 - Chronische Verletzung: neu gebildetes Narbengewebe weist geringe bis intermediäre SI auf
- Verdickung/ Schwellung eines oder beider Köpfe des proximalen Fesselträgers
- Syndesmopathien des FTUs mit den Griffelbeinen: Verlust der durch hohe SI klar definierbaren Grenze zwischen FTU und Bindegewebe im Bereich der Adhäsion sowie erhöhte SI des Fesselträgers durch Weichteilschädigung führen zu extrem geringer Signalintensität in diesem Bereich und zu einer erhöhten Signalintensität im Fesselträger selbst

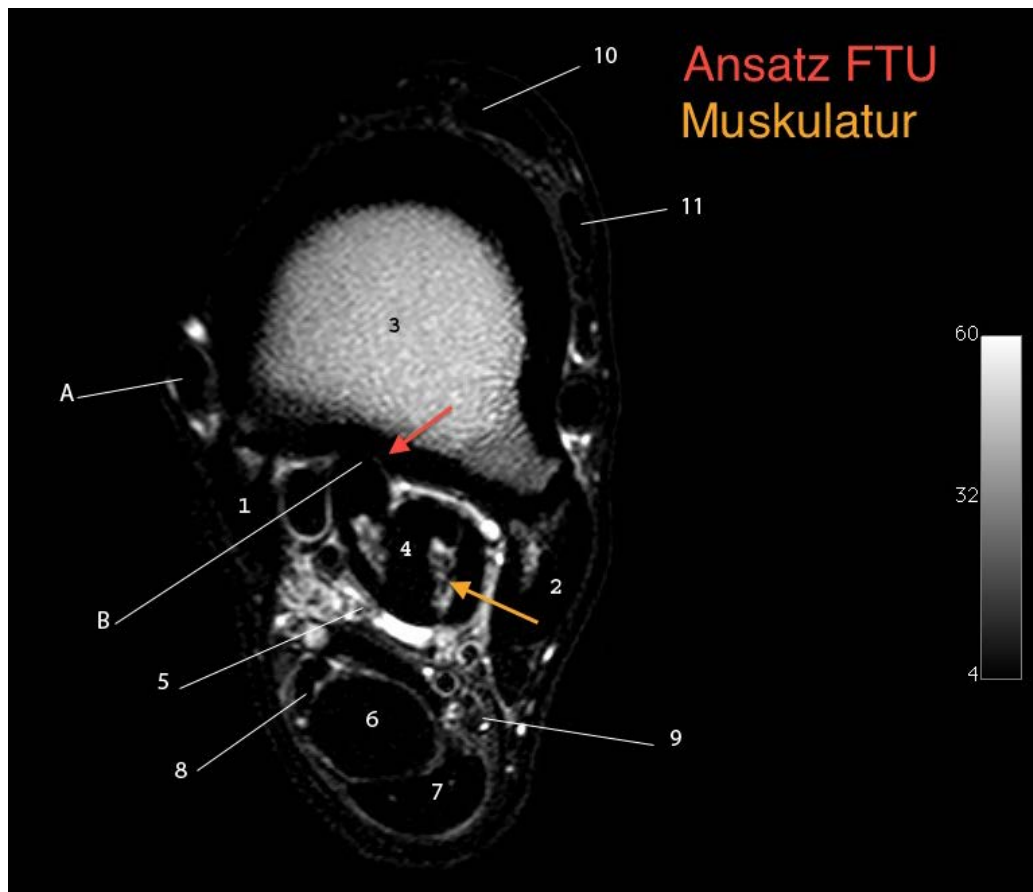


Abb. 1: MRT- Bild einer Fesselträgerursprungsdesmitis und einer Exostenbildung des Os metatarsale III

- 1) Os metatarsale II
- 2) Os metatarsale IV
- 3) Os metatarsale III
- 4) FTU
- 5) Unterstützungsband der tiefen Beugesehne
- 6) Tiefe Beugesehne
- 7) Oberflächliche Beugesehne
- 8) M. flexor digitalis medialis
- 9) Lig. plantare longum
- 10) Musculus extensor digitalis longus
- 11) Musculus extensor digitalis lateralis
- A) Reaktives Überbein des Os metatarsale III
- B) Fesselträgerursprungsdesmitis

5.6 Literaturverzeichnis

1. Dyson, S. (1994) Proximal suspensory desmititis in the hindlimb: 42 cases. *Brit. Vet. J.* **150**, 279-291.
2. Dyson, S. (2007a) Diagnosis and Management of Common Suspensory Lesions in the Forelimb and Hindlimbs of Sport Horses. *Clin. Tech. Equine Pract.* **6**, 179- 188.
3. Denoix, J.M., Coudry, V., Jacquet, S.(2008) Ultrasonographic procedure for a complete examination of the proximal third interosseous muscle (proximal suspensory ligament) in the equine forelimbs. *Equine Vet. Educ.* **20**, 148-153.
4. Edinger, J. (2010) Extremitäten. In: *Atlas der Ultraschalluntersuchung beim Pferd*, 1st edn., Ed: P.S. Glatzel, Schülersche Verlag, Hannover. pp 20-22.
5. Kirberger, R.M. (1995) Imaging artifacts in diagnostic ultrasound- a review. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **36**, 297 - 306.
6. Zekas, L.J., Forrest, L.J. (2003) Effect of perineural anesthesia on the ultrasonographic appearance of equine palmar metacarpal structures. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **44**, 59 - 64.
7. Lischer, C.J. (2006) Erkrankungen im Bereich des Fesselträgerursprungs beim Pferd: Eine diagnostische Herausforderung . *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **148**, 86-97.
8. Dyson, S. (2007b) Scintigraphic evaluation of the proximal metacarpal and metatarsal regions of horses with proximal suspensory desmitis. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **48**, 78-85.
9. Bergmann, H.J., Saunders J. (2011) Equine upper limbs (carpus, tarsus, stifle). In: *Veterinary computed tomography*, 1st edn., Ed: T. Schwarz, J. Saunders, Wiley- Blackwell, West Sussex, pp. 488-495.
10. Zubrod, C.J., Barrett, M.F. (2007) Magnetic resonance imaging of tendon and ligament injuries. *Clin. Tech. Equine Pract.* **6**, 217-229.
11. Brokken, M., Rucker, R., Murray, R. (2011) The metacarpal/ metatarsal region. In: *Equine MRI*, 1st edn., Ed: R.C.Murray, Blackwell Publishing Ltd, Chichester, West Sussex. pp 367-371.

6 Eigene Untersuchungen/ Manuskript

Christina Maria Jungmann,

Departement für Pferde, Klinik für Pferdechirurgie, Vetsuisse- Fakultät, Universität
Zürich, Winterthurerstrasse 260, 8057 Zürich, Switzerland

Vergleich der bildgebenden Diagnostik von Computertomographiebefunden mit den Röntgen- und Ultraschallbefunden bei 50 Warmblutpferden mit einer Erkrankung des Fesselträgerursprungs

C.M. Jungmann, P. Kircher, A. Fürst

Departement für Pferde, Klinik für Pferdechirurgie und Departement für Kleintiere,
Abteilung für Bildgebende Diagnostik, Vetsuisse- Fakultät, Universität Zürich,
Winterthurerstrasse 260, 8057 Zürich, Switzerland

6.1 Zusammenfassung

Beweggründe für die Durchführung der Studie:

Studien über die Anwendung der Computertomographie (CT) in der Fesselträgerursprungs (FTU)- Diagnostik fehlen.

Ziele:

Vergleich der Aussagekraft der Computertomographie (CT)- Befunde mit den Röntgen- und Ultraschall (US)- Befunden im Hinblick auf die Diagnosestellung einer Fesselträgerursprungsdesmopathie.

Methoden:

Retrospektive Auswertung von Röntgen-, Ultraschall- und CT- Bildern von 50 Pferden mit klinisch diagnostizierter FTU- Erkrankung (PSD) anhand festgelegter Beurteilungskriterien. Es wurden Knochen- und Weichteilveränderungen beurteilt. Das Maß der Übereinstimmung der bildgebenden Verfahren wurde mit dem Cohens Kappa- Test ermittelt.

Ergebnisse:

Die Beurteilung der bildgebenden Verfahren von CT und US sowie CT und Röntgen mittels dem Kappatest ergab für die Beurteilungskriterien folgende Übereinstimmungen: sehr geringe Übereinstimmung für Sklerosierungen/ unregelmäßige Knochenlinien sowohl zwischen CT und US als auch zwischen CT und Röntgen ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = -0.081$, $p = 0.521$, $\kappa_{\text{Röntgen}} = -0.081$, $p = 0.189$); ausreichende Übereinstimmung bei der Beurteilung von knöchernen Ausrissen zwischen CT und US als auch zwischen CT und Röntgen ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.283$, $p = 0.068$, $\kappa_{\text{Röntgen}} = 0.290$, $p = 0.038$); ausreichende Übereinstimmung für die Diagnose von Mineralisationen ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.301$, $p = 0.007$) zwischen CT und US; Röntgenologisch konnten keine Mineralisationen des Sehngewebes diagnostiziert werden; Größenzunahmen wiesen zwischen CT und US eine ausreichende Übereinstimmung auf ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.258$, $p = 0.082$); Die Diagnose von Struktur-/ Echogenitätsveränderungen ergab zwischen CT und US eine geringe Übereinstimmung ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.128$, $p = 0.235$).

Schlussfolgerung und klinische Relevanz:

Das CT ermöglichte auf Grund der größten anatomischen Detailgenauigkeit eine präzise Diagnosestellung für Knochen- und Weichteilveränderungen im Rahmen der FTU- Diagnostik. Das Röntgen diente in erster Linie zum Ausschluss von

Differentialdiagnosen. Die Ergebnisse der ultrasonographischen Untersuchung sollten auf Grund der Artefaktanfälligkeit durch die schwer zugängliche Lage des FTUs sowie äußere Einflüsse stets auf ihre Korrektheit und Präzision hinterfragt werden.

Schlüsselwörter: Pferd; Fesselträgerursprungsdesmitis; Röntgen; Ultraschall; CT

6.2 Einleitung

Schmerzen im proximopalmaren resp. proximoplantaren Metakarpal-/Metatarsalbereich traten in den letzten Jahren mit zunehmender Häufigkeit als Lahmheitsursache bei Pferden aller sportlicher Disziplinen auf. Als Ursache hierfür kommt eine Vielzahl von möglichen Ursachen in Frage: Desmopathie des Fesselträgerursprungs (FTU) [1-3], Avulsionsfrakturen am Metakarpus/ Metatarsus 3 (Mk 3/ Mt 3) im Bereich des Fesselträgerursprungs [4,5], Verletzungen des proximalen Fesselträgerkörpers, Knochenzubildungen am Mk/ Mt 3 im Bereich des Fesselträgerursprungs [6], Verletzungen der Griffelbeine an Vorder- und Hinterextremitäten [7], palmare / plantare sowie dorsoproximale kortikale Stressfrakturen des Mk/ Mt 3 [8-10], Desmitis des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne (UBTBS) [11], Tendinitis der oberflächlichen (OBS) und tiefen Beugesehnen, Schmerzen im Bereich des Karpometakarpal-/Tarsometatarsalgelenkes (KMK-/ TMT- Gelenk) und andere pathologische Veränderungen des umliegenden Weichteilgewebes, wie beispielsweise chronische Entzündung der den Fesselträger umgebenden Faszie oder Adhäsionen zwischen Fesselträger und Griffelbeinen [12].

Auf Grund der zahlreichen in Frage kommenden Differentialdiagnosen, die sich sowohl auf knöcherne Strukturen als auch auf Veränderungen des Sehnen- und Bandapparates beziehen können, ist eine exakte Diagnosestellung mit Hilfe der klinischen Untersuchung, Röntgen und Ultraschalldiagnostik oft nicht ausreichend. Somit kommen der Computertomographie (CT) und der Magnetresonanztomographie (MRT) eine immer größer werdende Bedeutung in der Lahmheitsdiagnostik zu, da diese bildgebenden Verfahren auf Grund ihrer Schnittbildtechnik die anatomischen Gegebenheiten genauer darstellen können als Röntgen- oder Ultraschallbilder. In der Vergangenheit wurden in der Literatur zahlreiche MRT- Untersuchungen von verschiedenen Autoren beschrieben, die der Abklärung der Lahmheitsursache im proximalen Metakarpal-/ Metatarsalbereich dienen sollen. Zubrod [13] untersuchte die unveränderte anatomische und pathologische Darstellung von Sehnen und Bändern im MRT. Eine weitere Untersuchung beschäftigt sich mit den pathologischen Veränderungen des Fesselträgers sowie des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne auf MRT-Bildern [7]. Labens [14] dokumentierte die Darstellung und den Vergleich ultrasonographischer und magnetresonanztomographischer Befunde bei Pferden mit

proximoplantaren Metatarsalschmerzen. Eine Studie von Nagy [15] befasst sich mit der Charakterisierung von MRT- Befunden lahmer Pferde, bei denen die Lahmheit mittels perineuraler Anästhesien im Bereich des Karpus und der proximalen Metakarpalregion lokalisiert werden konnte. Des Weiteren wurden MRT- Untersuchungen an gesunden Extremitäten im Bereich des Fesselträgerursprungs durchgeführt, die im Anschluss mit denen der MRT- Bildern entsprechenden histologischen Schnitten verglichen wurden. Ziel hierbei war es, einen Überblick über die Variationsbreite der physiologischen Darstellungsformen der anatomischen Strukturen in der Region des Fesselträgerursprungs im MRT zu geben [16,17]. Analog hierzu beschreiben Nagy und Dyson [18] in einer vergleichbaren Untersuchung, wie sich Alter, Rasse, Geschlecht, Stockmass und Körpergewicht auf die Darstellung des Fesselträgers hinsichtlich seiner Zusammensetzung von Muskel-, Sehnen- und Fettgewebsanteil im MRT auswirken.

Über die Diagnostik von Sehnen und Bänderkrankungen im proximalen Metakarpal- / Metatarsalbereich mit Hilfe des CTs gibt es in der Literatur wenig Berichte. Kaser-Hotz [19] verglich in ihrer Arbeit CT- und MRT- Bildgebung des gesunden Karpus, übermittelt jedoch keine Informationen über pathologische Veränderungen der anatomischen Strukturen in diesem Bereich. In einer weiteren Dokumentation wird die Anatomie des gesunden Tarsus mit knöcherner Struktur sowie Sehnen- und Bandapparat beschrieben [20]. Eine Fallstudie dokumentiert den Zusammenhang zwischen Enthesiophytenbildung am Mk 3/ Mt 3 und dem Vorhandensein einer Fesselträgerursprungsdesmitis, der mittels CT diagnostiziert werden konnte [6]. CT- Diagnostik bei Pferden, bei denen die Lahmheitsursache im proximalen Metakarpal- / Metatarsalbereich lokalisiert werden konnte, wurde in der Literatur nicht explizit erwähnt.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand darin, die computertomographischen Befunde mit den radiologischen und ultrasonographischen Befunden von Pferden, bei denen eine Erkrankung des Fesselträgerursprungs klinisch diagnostiziert wurde, zu vergleichen und die Aussagekraft der drei verschiedenen bildgebenden Verfahren im Hinblick auf die Diagnosestellung einer Fesselträgerursprungsdesmopathie festzustellen.

6.3 Material und Methoden

6.3.1 Pferde

Es wurden die Röntgen-, Ultraschall- und CT- Bilder der proximalen Metakarpal- / Metatarsalregion von 50 Pferden, die auf Grund von Schmerzen im proximalen Bereich des Metakarpus (Mk)/ Metatarsus (Mt) in der Klinik vorgestellt wurden, retrospektiv ausgewertet. Die Röntgen-, Ultraschall- und CT- Untersuchungen wurden im Zeitraum von September 2008 bis September 2012 durchgeführt. Die Auswahl der Pferde erfolgte nach den folgenden Kriterien: Vorhandensein einer kompletten klinischen Untersuchung mit anschließendem orthopädischen Untersuchungsgang, positive Infiltrationsanästhesie des Fesselträgerursprungs oder positive HPA (Hohe palmare/ plantare Anästhesie) mit anschließend isolierter positiver Fesselträgerursprungsanästhesie [21], Röntgen-, Ultraschall- und CT- Untersuchung der proximalen Metakarpal-/ Metatarsalregion der erkrankten Gliedmaße. Patienten mit einer vorangegangenen Verletzung und / oder vorgenommenen operativen Eingriffen in der beschriebenen Region wurden von der Studie ausgeschlossen. Alle Pferde wiesen eine unilaterale Lahmheit auf.

6.3.2 Bildauswertung

Zur Beurteilung der Röntgen-, Ultraschall- und Computertomographiebilder wurden nachfolgende Kriterien angewandt (Tabelle 1):

Tabelle 1: Beurteilungskriterien der Röntgen-, Ultraschall- und CT- Bilder

	Röntgen	CT	Ultraschall
Knöcherne Veränderungen			
Röhrbeinveränderungen			
Sklerosierung FTU/ unregelmäßige Knochenlinie FTU	+	+	+
Knöcherne Ausrisse	+	+	+
Verdickter Kortex	+	+	-
Osteophytenbildung	+	+	-
Fissuren	+	+	-
Lytisch Bereiche	+	+	-
Zystoide Bereiche	+	+	-
Veränderungen Mk/ Mt 2,4			
Exostosenbildung	+	+	-
Frakturen/ -Fissuren mit/ ohne Kallusbildung	+	+	-
Unregelmäßig gezeichnete axiale Ränder	+	+	-
Fibrosale Adhäsion Mk/ Mt 2-4- FTU	+	+	-
Veränderungen des KMK-/ TMT- Gelenkes			
Osteoarthritisch	+	+	-
Osteophytenbildung			
Lytisch			
Zystoid			
Weichteilveränderungen			
Echogenenitäts- /Strukturveränderungen FTU, FTK, TBS, UBTBS, OBS Diffus	-	+	+
Core Lesion			
Strukturverlust			
Mineralisation des Sehnengewebes	+	+	+
Schwellung des FTUs	-	+	+
DP- Messung	-	+	+

CT- Computertomographie; FTU- Fesselträgerursprung; Mk2, 4- Os metacarpale 2, 4; Mt2, 4- Os metatarsale 2, 4; KMK- Gelenk- Karpometakarpalgelenk; TMT- Gelenk- Tarsometatarsalgelenk; TBS- Tiefe Beugesehne; UBTBS- Unterstützungsband der tiefen Beugesehne; OBS- Oberflächliche Beugesehne; DP- Dorsopalmare/- plantare Breite

6.3.3 Bildgebende Diagnostik

6.3.3.1 Röntgen

Es wurden dorsopalmare/ dorsoplantare sowie lateromediale Aufnahmen der proximalen Metakarpal-/ Metatarsalregion mittels eines digitalen Röntgengerätes angefertigt. Zur Beurteilung der Röntgenbilder wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien angewandt. (Mit digitalen Systemen geröntgt)

6.3.3.2 Ultraschall

Bei jedem Patienten wurde eine bilaterale Ultraschalluntersuchung im Bereich des Fesselträgerursprungs bis zu den proximalen Sesambeinen von der palmaro-/ plantaromedialen und palmaren/ plantaren Seite mit einem linearen 7,5 MHz Schallkopf ohne Vorlaufstrecke durchgeführt. Hierfür wurde ein myLab40 Vet^a verwendet. Das Pferdebein wurde für die Ultraschalluntersuchung mit Alkohol angefeuchtet und bei zu dichtem Fell geschoren. Um Artefakte durch die Lokalanästhesie am Fesselträgerursprung während der Ultraschalluntersuchung zu vermeiden, wurde diese im Anschluss durchgeführt. Bewertet wurden Sagittal- und Transversalscans von Fesselträgerursprung, tiefer Beugesehne (TBS), Unterstützungsband (UB) der TBS sowie der oberflächlichen Beugesehne (OBS). Die Befunde von TBS, OBS sowie des UBTBS wurden nur bei vorhandener pathologischer Veränderung aufgeführt. Für die Bewertung der Ultraschallbilder wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien herangezogen.

Die dorsopalmare/ -plantare Breite (DP) wurde im Longitudinalscan auf Höhe der Läsion, ausgehend von der am distalsten gelegenen Faser des FTU, die am proximalen Mk 3 / Mt 3 inseriert, senkrecht bis zur palmaren/ plantaren Begrenzung des FTUs gemessen. Schwellungen des Fesselträgerursprungs wurden am fehlenden Abstand zwischen der palmaren/ plantaren Knochenlinie des Röhrlbeins und des FTUs festgemacht.

6.3.3.3 CT

Die CT- Untersuchung der proximalen Metakarpal- bzw. Metatarsalregion wurde mit einem 4-Zeilen Spiral-CT^b mit einer Schichtdicke von 1.5 mm durchgeführt. Scanparameter waren 140 kVp, 119 mA, 1s Rotationszeit, Kollimator- Pitch 0.55 und Kollimation 3 mm. Die Rekonstruktion der Bilder wurde mit einem Inkrement von 1.2

mm in einem mittleren und einem kontrastreichen Algorithmus in einer Matrix von 512x512 rekonstruiert. Die Bilder wurden auf eine Arbeitsstation exportiert und mit einer Bildbearbeitungssoftware^c in zwei Fensterungen (Window Width/ Window Level, beides in HU), einem Weichteilfenster (40/350) und einem Knochenfenster (300/1500) beurteilt. Dazu wurden die transversalen und sagittalen Schnitte verwendet.

Die CT- Bilder wurden auf Veränderungen des Weichteilgewebes des Fesselträgerursprungs, der tiefen und oberflächlichen Beugesehne sowie des Unterstützungsbandes der tiefen Beugesehne untersucht. Zusätzlich wurde die Knochenbeteiligung des Mk/ Mt 2, 3 und 4 als auch das Karpometakarpal- (KMK-)/ Tarsometatarsalgelenk (TMT- Gelenk) begutachtet. Die Beurteilungskriterien des Weichteilgewebes und der knöchernen Veränderungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Bezüglich Veränderungen von OBS, TBS und des UBTBS wurde zusätzlich auf Verwachsungen mit dem umliegenden Gewebe geachtet. Die Definition von computertomographisch diagnostizierten Schwellungen des FTUs entspricht der Definition des Ultraschalls. Die Messung der DP- Breite erfolgte auf Höhe der vorhandenen Läsion von der palmaren/ plantaren knöchernen Begrenzung des Mk 3/ Mt 3 bis zum dorsalen Rand des FTU senkrecht zur palmaren/ plantaren Knochenlinie des Mk 3/ Mt 3. Die fibrosale Adhäsion wurde als nicht physiologischer Berührungspunkt zwischen dem FTU mit den angrenzenden Griffelbeinen definiert. Alle Bilder wurden vom ersten Autor (C.M.J.) sowie stichprobenweise auch von zwei anderen Autoren (P.K., A.F.) beurteilt. Die Bildbetrachtung wurde immer in der derselben Reihenfolge (Röntgen, Ultraschall und CT) vorgenommen.

6.3.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der Software SPSS 20.0^e. Um das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen den drei verschiedenen bildgebenden Verfahren von Röntgen, Ultraschall und CT hinsichtlich der für eine FTU-Erkrankung festgesetzten Kriterien zu ermitteln, wurde der Kappa- Test verwendet. Gleichmaßen wurde mit der Übereinstimmung zwischen dem während der klinischen Untersuchung ermittelten Lahmheitsgrad und den Echogenitäts- bzw. Strukturveränderungen im Ultraschall bzw. dem CT verfahren. Für die Feststellung signifikanter Unterschiede zwischen den Messungen der dorsopalmaren bzw.

plantaren Breite im Ultraschall und CT wurde ein gepaarter t- Test verwendet. Die Korrelation der Ultraschall- und CT- Messungen wurde mittels des Korrelationstestes nach Pearson durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0.05$ festgesetzt. Alle statistischen Tests wurden sowohl für alle Vorder- und Hintergliedmaßen einheitlich als auch in zwei Gruppen getrennt voneinander durchgeführt.

6.4 Resultate

Die absoluten Häufigkeiten der Pathologien bei FTU- Erkrankungen und vorhandener Röhrbein-, Griffelbein- und Gelenksveränderungen sowie deren Vorkommen an Vorder- und Hintergliedmaßen sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Verteilung der Veränderungen bei FTU- Erkrankungen, Röhrbein-, Griffelbein- und Gelenksveränderungen auf Röntgen-, Ultraschall- und CT-Bildern

	Rö			CT			US		
	G	VGM	HGM	G	VGM	HGM	G	VGM	HGM
N	50	34	16	50	34	16	48	34	14
Knochen									
Röhrbeinveränderungen									
Sklerosierung/ unregelmäßige Knochenlinie	22	17	5	48	33	15	30	20	10
Knöcherner Ausriss	4	4	0	12	10	2	8	7	1
Verdickter Kortex	0	0	0	2	1	1	-	-	-
Osteophytenbildung	2	1	1	0	0	0	-	-	-
Fissuren	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Lytische Bereiche	1	1	0	0	0	0	-	-	-
Zystoide Bereiche	2	2	0	1	1	0	-	-	-
Griffelbeinveränderungen									
Exostosen	18	12	6	12	8	4	-	-	-
Fibrosale Adhäsion	-	-	-	28	20	8	-	-	-
Mk/ Mt 2,4- FTU									
Frakturen	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Unregelmäßige axiale Ränder	-	-	-	34	27	7	-	-	-
Gelenksveränderungen							-	-	-
Osteoarthritis	3	0	3	1	0	1	-	-	-
Osteophytenbildung	5	4	1	4	3	1	-	-	-
Lytische Bereiche	1	1	0	3	3	0	-	-	-
Zystoide Bereiche	2	2	0	1	1	0	-	-	-
Weichteil									
Echogenitäts-/ Strukturveränderung									
Diffus	-	-	-	14	9	5	24	17	7
Core lesion	-	-	-	28	18	10	18	15	3
Strukturverlust	-	-	-	3	3	0	5	2	3
Unveränderter Befund	-	-	-	5	4	1	1	0	1
Mineralisation des Sehnengewebes FTU	0	0	0	20	10	10	5	2	3
Größenzunahme des FTU	-	-	-	37	27	10	26	16	10
Demarkierung dorsaler Rand FTU				38	28	10			

Rö- Röntgen; CT- Computertomographie; US- Ultraschall; N- Anzahl; G- Gesamt; VGM- Vordergliedmaße; HGM- Hintergliedmaße; Mk2, 4- Os metacarpale 2, 4; Mt2, 4- Os metatarsale 2, 4; FTU- Fesselträgerursprung

6.4.1 Röntgen

Radiologische Veränderungen waren bei 36/50 (72.0%) Pferden vorhanden. An der Vorderextremität konnten bei 26/34 (76.5%) Pferden Veränderungen festgestellt werden. An der Hinterextremität waren es 10/16 (62.5%) Pferde.

Sklerosierungen des FTUs konnten an 22/50 (44.0%) Gliedmaßen röntgenologisch nachgewiesen werden. Knöcherne Ausrisse im proximopalmaren/-plantaren Metakarpal-/ Metatarsalbereich konnten auf 4/50 (8.0%) Röntgenaufnahmen dargestellt werden. Darüber hinaus ließen sich Veränderungen der Griffelbeine in Form von Exostosenbildung an 18/50 (36.0%) Gliedmaßen sowie verschiedene Veränderungen des Röhrbeins bei 5/50 (10.0%) Gliedmaßen feststellen. Diese sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

6.4.2 Ultraschall

Die Ultraschalluntersuchung wurde bei allen 50 Pferden durchgeführt, wies jedoch bei zwei Pferden verminderte diagnostische Qualität auf, sodass diese beiden Untersuchungen nicht zur Beurteilung herangezogen werden konnten. Die Auswertungen der Ultraschallbilder ergaben bei 47/48 (97.9%) Pferden einen pathologischen Befund sowie bei 1/48 (2.1%) Pferden einen unveränderten Befund. Bei allen 34/ 34 (100.0%) Pferden mit Lahmheit der Vorhand konnten ebenso wie bei 13/14 (92.9%) Pferden mit Hinterhandlahmheit pathologische Veränderungen im Bereich des FTUs nachgewiesen werden.

Die auf den Ultraschallbildern beurteilten knöchernen Veränderungen traten mit folgenden Häufigkeiten auf: unregelmäßige Knochenlinie des proximalen palmaren/ plantaren Kortex 30/48 (62.5%), knöcherne Ausrisse 8/48 (16.7%) sowie Mineralisation des Sehnengewebes 5/48 (10.4%). Die Echogenitätsveränderungen wiesen bei 24/48 (50.0%) ein diffuses Erscheinungsbild, bei 18/48 (37.5%) Core Lesions und bei 5/48 (10.4%) Gliedmaßen einen Strukturverlust des FTUs auf. Eine Größenzunahme des FTUs konnte bei 26/48 (54.2%) Gliedmaßen diagnostiziert werden.

6.4.3 Computertomographie

Computertomographische Veränderungen traten bei 50/50 (100.0%) Pferden auf. An der Vordergliedmaße wiesen 34/34 (100.0%) Pferden und an der Hintergliedmaße 16/16 (100.0%) Pferden einen pathologischen Befund auf.

Die CT- Untersuchung ermöglichte eine sehr präzise Darstellung der veränderten knöchernen Strukturen, wodurch bei 50/50 (100.0%) Pferden Veränderungen an den beteiligten Knochen festgestellt werden konnten. Hierzu zählten die Pathologien des Röhrbeins und der Griffelbeine, die Kombination von Veränderungen zwischen Röhrbein und den anliegenden Griffelbeinen, dem angrenzenden FTU und der Befund eines veränderten KMK-/ TMT- Gelenkes.

Im Einzelnen waren dies: Unregelmäßige palmare/ plantare Knochenlinie 48/50 (96.0%), die bei 26/50 Gliedmaßen (52.0%) mit Exostosenbildungen des Mk 3/ Mt 3 einherging, knöcherner Ausriss 12/50 (24.0%), lytische Veränderungen des Röhrbeins 1/50 (2.0%) und Verdickungen der Kompakta 2/50 (4.0%). Zystoide Veränderungen, Fissuren und Osteophytenbildung des Röhrbeins kamen nicht vor. Pathologien der Griffelbeine sowie dem angrenzenden FTU kamen bei 42/50 (84.0%) Gliedmaßen vor. In erster Linie waren dies unregelmäßig gezeichnete axiale Ränder der Griffelbeine 34/50 (68.0%) sowie fibrosale Adhäsionen des FTUs 20/50 (40.0%) mit den benachbarten Griffelbeinen. Darüber hinaus konnten Griffelbeinexostosen bei 12/50 (24.0%) Gliedmaßen computertomographisch dargestellt werden. Frakturen der Griffelbeine konnten nicht festgestellt werden.

Veränderungen des Karpometakarpal-/Tarsometatarsalgelenkes wurden bei insgesamt 9/50 (18.0%) Gliedmaßen diagnostiziert: Osteophytenbildung 4/50 (8.0%), zystoide Veränderungen 3/50 (6.0%), Gelenksflächendefekt 1/50 (2.0%), osteoarthritische Veränderungen des TMT- Gelenkes 1/50 (2.0%). Lytische Veränderungen wurden keine festgestellt.

Core Lesions waren die am häufigsten im CT darstellbaren Strukturveränderungen. Diese wurden bei 28/50 (56.0%) der Gliedmaßen nachgewiesen. Strukturveränderungen mit diffusem Erscheinungsbild hingegen wurden bei 14/50 (28.0%) Gliedmaßen festgestellt. Strukturverluste des FTUs konnten bei 3/50 (6.0%) der Gliedmaßen diagnostiziert werden. Weiter wiesen 5/50 (10.0%) Gliedmaßen einen unveränderten Befund auf. Mineralisationen des Sehnengewebes waren bei 20/50 (40.0%) Gliedmaßen computertomographisch vorhanden. Größenzunahmen des FTUs, die sich durch den verringerten bzw. fehlenden Abstand zwischen

palmarer/ plantarer Röhreinkante darstellen, wurden bei 37/50 (74.0%) Gliedmaßen festgestellt. Neben den Veränderungen des FTUs konnten bei 1/50 (2.0%) Gliedmaßen zusätzlich Strukturveränderungen im Bereich des Fesselträgerkörpers in Form von Core lesions diagnostiziert werden sowie bei 1/50 (2.0%) Gliedmaßen Veränderungen der OBS, die sich als diffuse Strukturveränderung darstellten. Verwachsungen mit dem umliegenden Gewebe und Mineralisationspunkte im Sehngewebe der OBS konnten nicht gefunden werden.

6.4.4 Vergleich der CT- Befunde mit den Röntgen- und Ultraschallbefunden

Im CT konnten in 48 Fällen eine unregelmäßige Knochenlinie/ Sklerosierungen des proximopalmaren resp. proximoplantaren Mk 3/Mt 3 erkannt werden; ultrasonographisch wurden 30/48 (62.5%) und radiologisch 22/48 (45.8%) erfasst (Abb. 2, 3). Alle ultrasonographisch als auch röntgenologisch ermittelten Befunde waren richtigpositiv. Die Beurteilung mittels dem Kappatest ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = -0.081$, $p = 0.521$, $\kappa_{\text{Röntgen}} = -0.081$, $p = 0.189$) ergab sowohl zwischen CT und Ultraschall als auch zwischen CT und Röntgen eine geringe Übereinstimmung. Die ultrasonographische Untersuchung bietet eine sichere Diagnosestellung als das Röntgen.

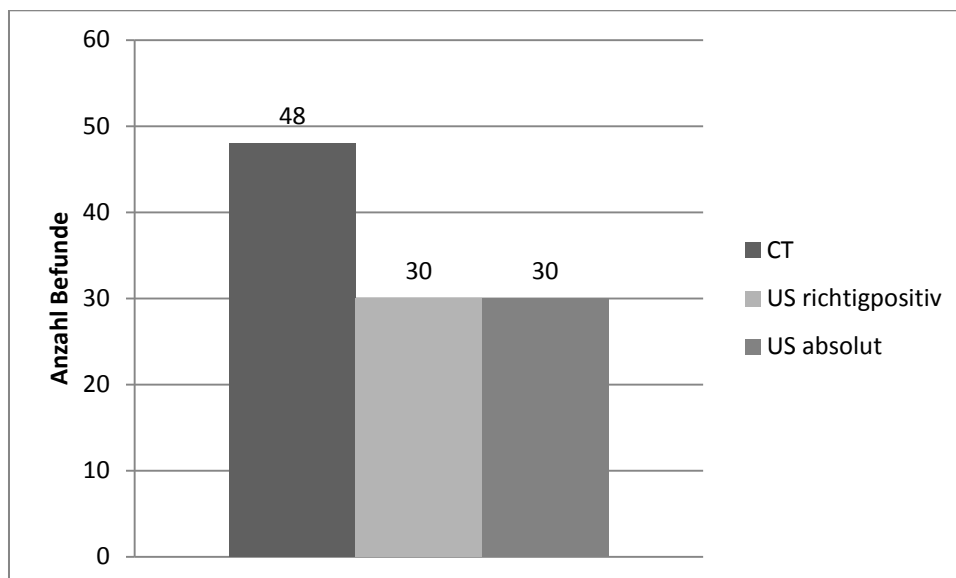


Abb. 2: Gegenüberstellung der Anzahl CT- Befunde mit den richtig übereinstimmenden Ultraschallbefunden (US richtigpositiv) und den gesamt im Ultraschall ermittelten Befunden (US absolut).

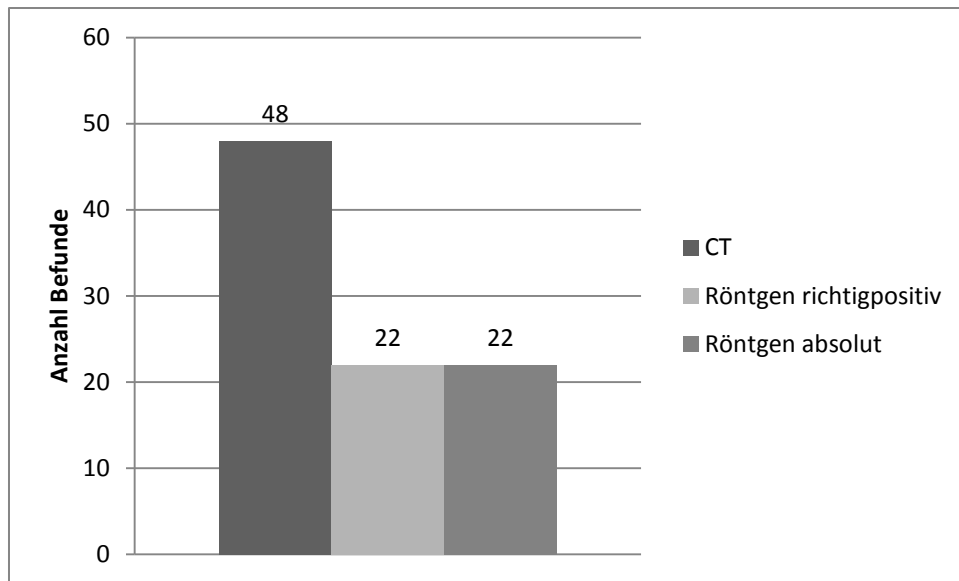


Abb. 3: Unregelmäßige Knochenlinie/ Sklerosierung: Gegenüberstellung der Anzahl CT- Befunde mit den richtig übereinstimmenden röntgenologischen Befunden (Röntgen richtigpositiv) und den gesamt mit Hilfe des Röntgens ermittelten Befunden (Röntgen absolut).

Computertomographisch konnten in 12 Fällen knöcherne Ausrisse dargestellt werden; im Ultraschall bei 9 und im Röntgen bei 4. Verglichen mit den Befunden der CT- Untersuchung waren ultrasonographisch 5/12 (41.2%) und röntgenologisch 3/12 (25.0%) Befunde richtigpositiv (Abb. 4, 5). Die Auswertung des Kappatests ($\kappa_{Ultraschall} = 0.283$, $p = 0.068$, $\kappa_{Röntgen} = 0.290$ $p = 0.038$) ergab sowohl zwischen CT und Ultraschall als auch zwischen CT und Röntgen eine ausreichende Übereinstimmung.

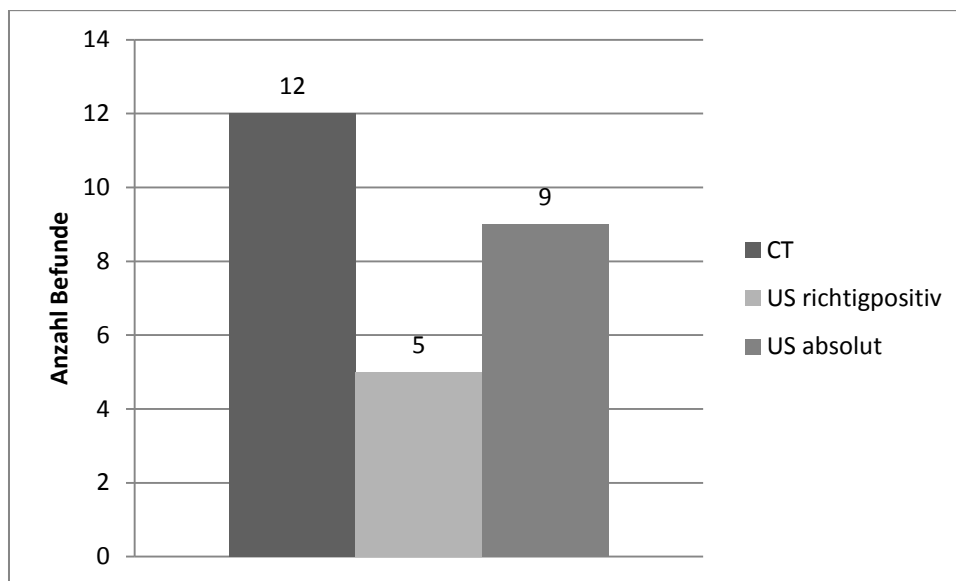


Abb. 4: Knöcherner Ausriss des palmaren/ plantaren Kortex des Mk/Mt3: Vergleich Anzahl der im CT ermittelten Befunde mit den im Ultraschall übereinstimmenden Befunden (US richtigpositiv) sowie der Gesamtanzahl ermittelter Befunde im Ultraschall (US absolut).

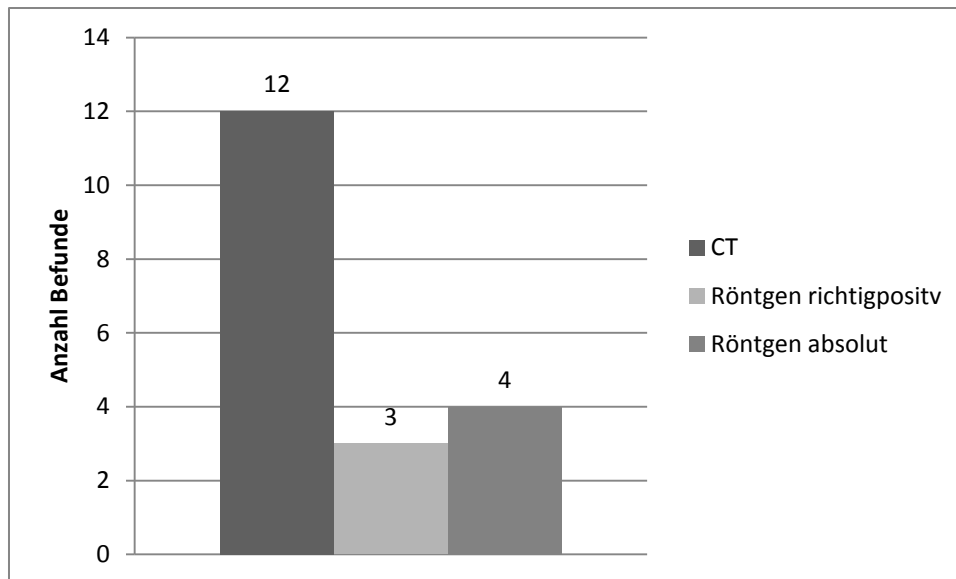


Abb. 5: Knöcherner Ausriss des palmaren/ plantaren Kortex des Mk/Mt3: Vergleich Anzahl der im CT ermittelten Befunde mit den im Röntgen übereinstimmenden Befunden (Röntgen richtigpositiv) sowie der Gesamtanzahl ermittelter Befunde im Röntgen (Röntgen absolut).

Mineralisationen des Sehngewebes wurden bei 20 Patienten im CT nachgewiesen; ultrasonographisch wurden 5 und röntgenologisch 0 erfasst. Der Vergleich der ultrasonographischen mit den computertomographischen Befunden ergab 5/20 (25.0%) richtigpositive Befunde (Abb. 6, 7). Das Ergebnis des Kappatestes ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.301$, $p = 0.007$) ergab eine ausreichende Übereinstimmung zwischen CT und Ultraschall. Mineralisationen konnten ultrasonographisch gegenüber dem CT in geringerer Anzahl jedoch mit hoher diagnostischer Sicherheit festgestellt werden.

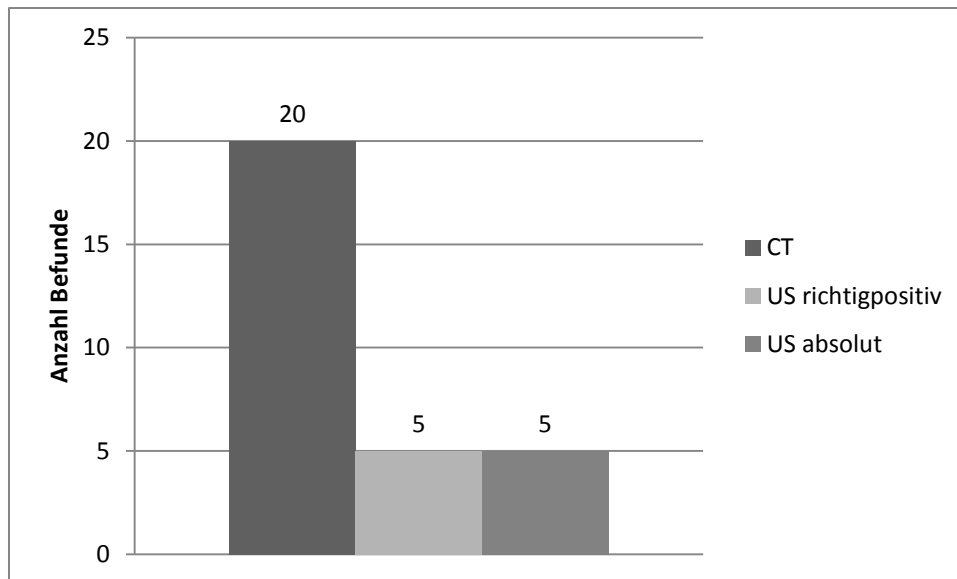


Abb. 6: Mineralisationen des Sehnengewebes: Gegenüberstellung der Anzahl CT-Befunde mit den richtig übereinstimmenden ultrasonographischen Befunden (US richtigpositiv) und der Gesamtanzahl ermittelter Befunde im Ultraschall (US absolut).

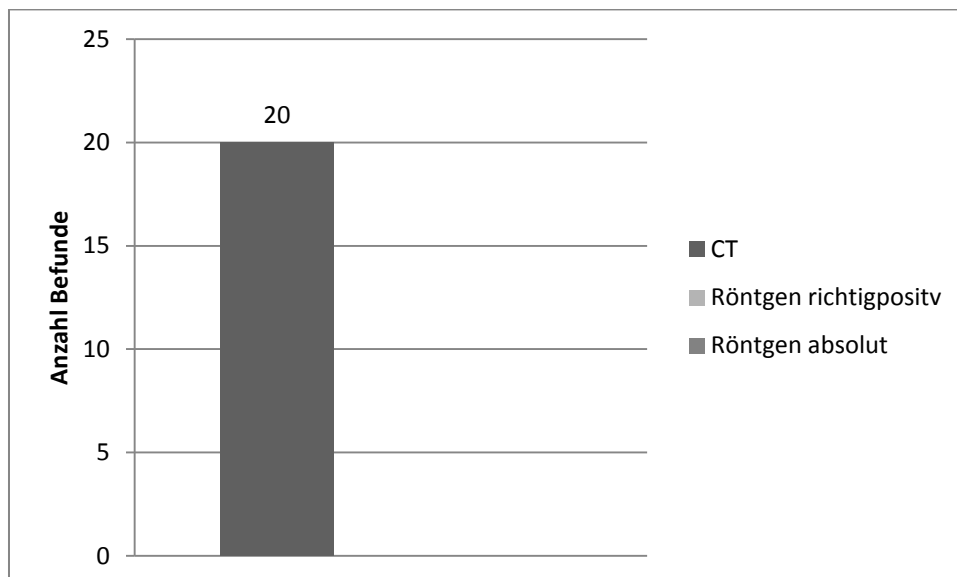


Abb. 7: Mineralisation: Gegenüberstellung der Anzahl CT- Befunde mit den richtig übereinstimmenden röntgenologischen Befunden (Röntgen richtigpositiv) und den gesamt mit Hilfe des Röntgens ermittelten Befunden (Röntgen absolut). Röntgenologische Befunde waren keine Vorhanden.

Im CT konnten in 14 Fällen diffuse Strukturveränderungen des FTUs, bei 28 Core Lesions, bei 3 Strukturverluste und bei 5 ein unveränderter Befund dargestellt werden; Ultrasonographisch wurden bei 24 Patienten diffuse Echogenitätsveränderungen, bei 18 Core Lesions, bei 5 Strukturverluste und bei 1 eine unveränderte Darstellung des FTUs diagnostiziert. Die Gegenüberstellung von ultrasonographischen und computertomographischen Befunden ergab für die Ermittlung der richtigpositiven Befunde folgende Ergebnisse: 10/14 (71.4%) diffuse Veränderungen, 10/28 (35.7%) Core lesions, 1/3 (33.3%) Strukturverlusten. Der Vergleich der unveränderten Befunde von Ultraschall und CT ergab keine Übereinstimmung 0/5 (0.00%) (Abb. 8). Die Beurteilung mittels dem Kappatest ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.128$, $p = 0.235$) ergab eine geringe Übereinstimmung zwischen CT und Ultraschall. Aus der oben aufgeführten Gegenüberstellung geht hervor, dass Strukturver-änderungen/ Echogenitätsveränderungen des FTUs sowohl mittels Ultraschall als auch CT erfasst werden können, wobei die CT- Befunde jedoch eine größere Detailgenauigkeit im Hinblick auf die Kategorisierung aufwiesen.

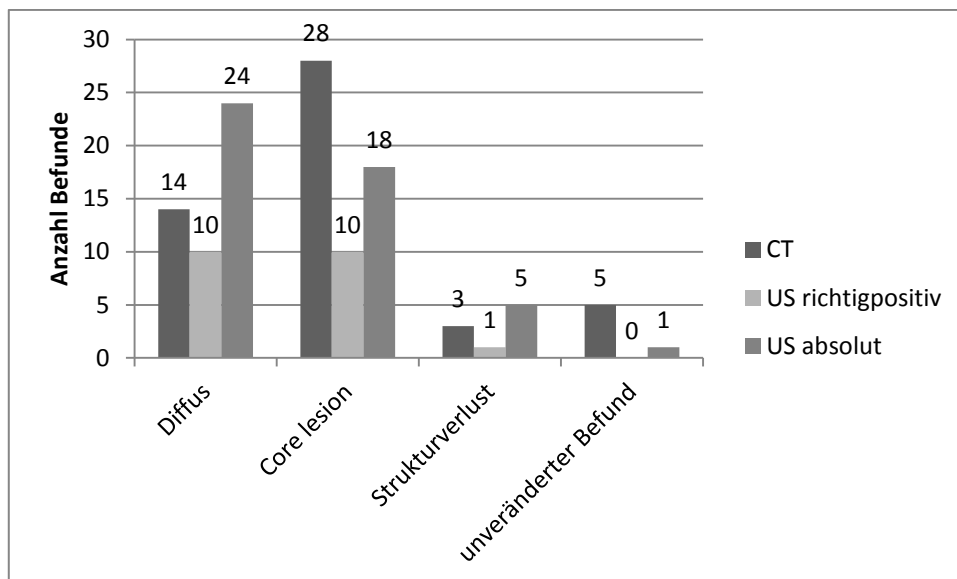


Abb. 8: Echogenitäts- und Strukturveränderungen mit qualitativer Unterteilung in diffus, Core lesion, Strukturverlust und unverändertem Befund: Gegenüberstellung der Anzahl CT- Befunde mit den richtig übereinstimmenden Ultraschallbefunden (US richtigpositiv) und den gesamt im Ultraschall ermittelten Befunden (US absolut).

Größenzunahmen des FTUs wurden im CT bei 37 Patienten nachgewiesen, im Ultraschall waren dies 26. Der Vergleich von Ultraschall- und CT- Befunden ergab, dass bei 22/37 (59.4%) eine Übereinstimmung vorlag (Abb. 9). Der Kappatest ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = 0.258$, $p = 0.082$) ermittelte eine ausreichende Übereinstimmung zwischen CT und Ultraschall. Infolgedessen können Größenzunahmen anhand von Ultraschalluntersuchungen mit geringer Fehlerquote diagnostiziert werden.

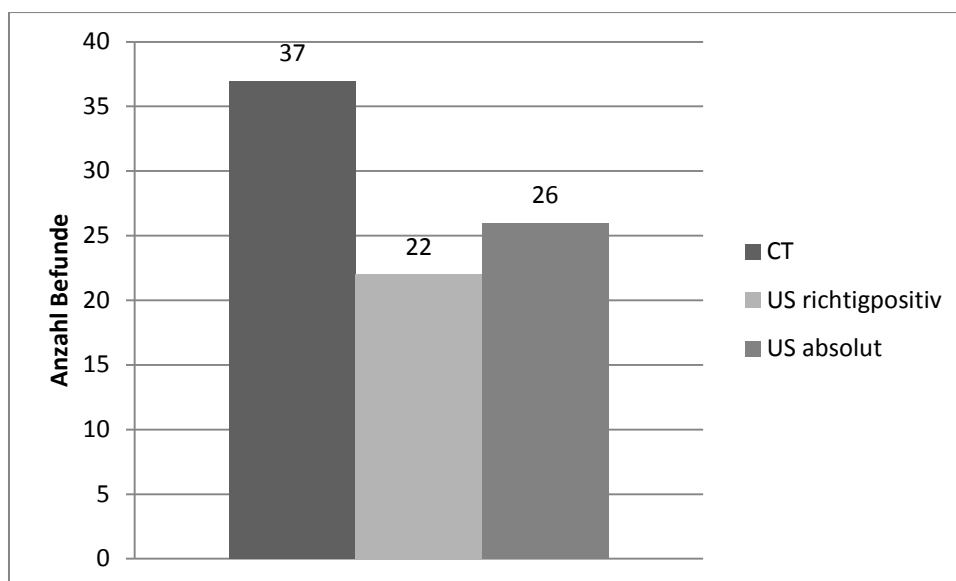


Abb. 9: Größenzunahmen des FTUs: Gegenüberstellung der Anzahl CT- Befunde mit den richtig übereinstimmenden Ultraschallbefunden (US richtigpositiv) und den gesamt im Ultraschall ermittelten Befunden (US absolut).

6.4.5 DP- Messungen

Die Resultate der ultrasonographisch und computertomographisch durchgeführten DP- Messungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Die ultrasonographischen Mittelwerte waren größer als die Durchschnittswerte der CT- Messungen. Weiter wies das CT konstant sowohl an der Vorder- als auch der Hintergliedmaße eine geringere Standardabweichung als die Messungen des Ultraschalls auf. Dies weist auf eine hohe Detailgenauigkeit in der Darstellung der anatomischen Strukturen hin, die präzise durchgeführte Messungen zuließen. Darüber hinaus ergab der Vergleich der Messergebnisse einen hoch signifikanten Unterschied für die Gesamtheit aller Wertepaare sowie für die Messungen an der Vordergliedmaße. Für die Gesamtanzahl der Messergebnisse ($r_{\text{Gesamt}}=0.808$, $p=0.000$) sowie für die Ergebnisse an der Vordergliedmaße ($r_{\text{VGM}}=0.708$, $p=0.000$) ergab sich eine positive Korrelation zwischen den im Ultraschall und CT ermittelten Messwerten.

Tabelle 3 Messungen der DP- Breite des FTUs im Ultraschall und CT mit ihren Unterschieden an Vorder- und Hintergliedmaßen und dem Ergebnis der Korrelation

	US					CT					p- Wert† US/ CT	r
	N	MW	SD	MIN	MAX	N	MW	SD	MIN	MAX		
Gesamt	48	13.92	2.82	8	20	50	12.38	2.55	8	19	0.000*	0.808*
VGM	34	12.82	2.25	8	19	34	11.15	1.78	8	15	0.000*	0.708*
HGM	14	16.57	2.28	13	20	16	15.00	1.89	12	19	0.029*	0.130

US- Ultraschall; CT- Computertomographie; N- Anzahl; MW- Mittelwert; SD- Standardabweichung; MIN- Minimum; MAX- Maximum; VGM- Vordergliedmaße; HGM- Hintergliedmaße; †- p- Wert wurde mit einem gepaarten t- Test analysiert; r- Korrelationskoeffizient nach Pearson. *signifikanter Unterschied.

6.4.6 Bildauswertung (Beispiele)

Beispiele für die auf Röntgen-, Ultraschall- und CT- Bildern bei Fesselträgerursprungserkrankungen vorkommenden Weichteil- und Knochenveränderungen (Beurteilungskriterien) sind in den Abbildungen 10- 15 aufgeführt.

Liste der verwendeten Abkürzungen

FTU	Fesselträgerursprung
Mt 3	Os metatarsale III
Mt 2	Os metatarsale II
Mt 4	Os metatarsale IV
T4	Os tarsale IV

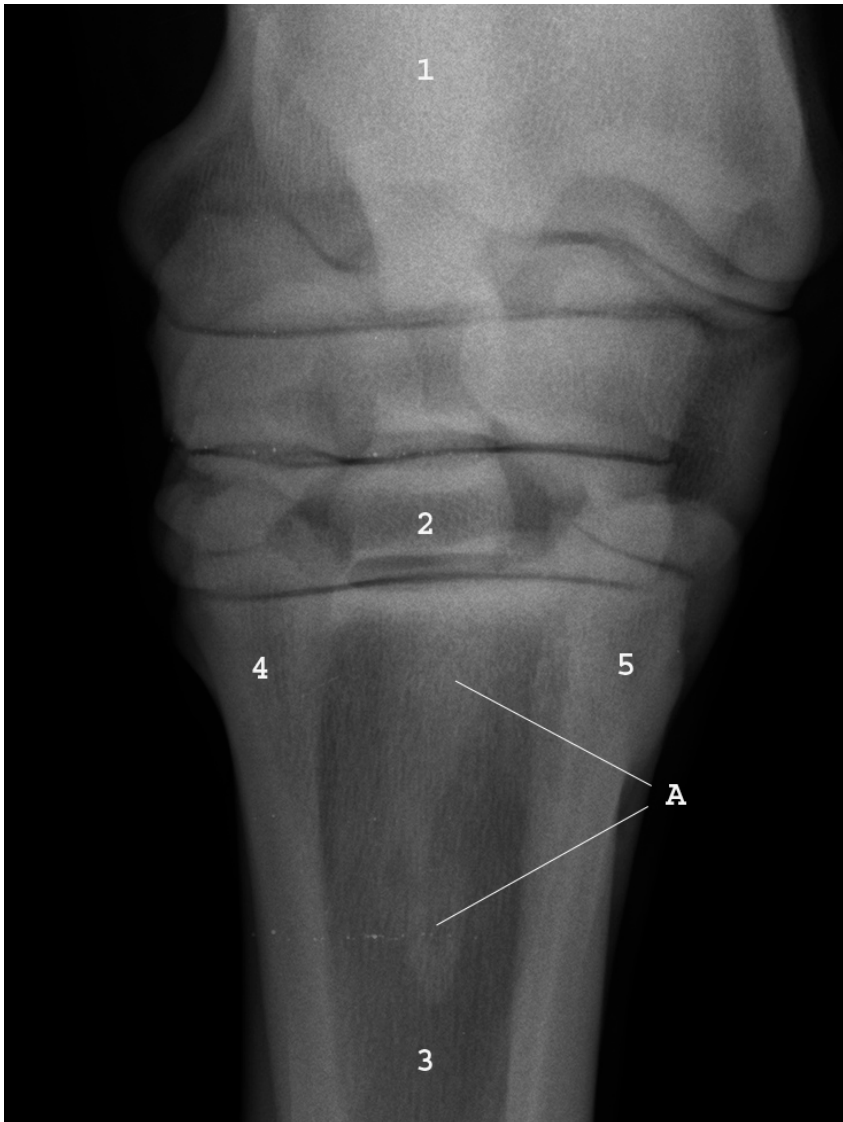


Abb. 10: Digitale Röntgenaufnahme des Mt 3, dorsoplantar

1) Tarsus

2) Distale Tarsalgelenksreihe

3) Mt 3

4) mediales Griffelbeinköpfchen

5) laterales Griffelbeinköpfchen

A Sklerosierung in der Ursprungsgrube des FTUs

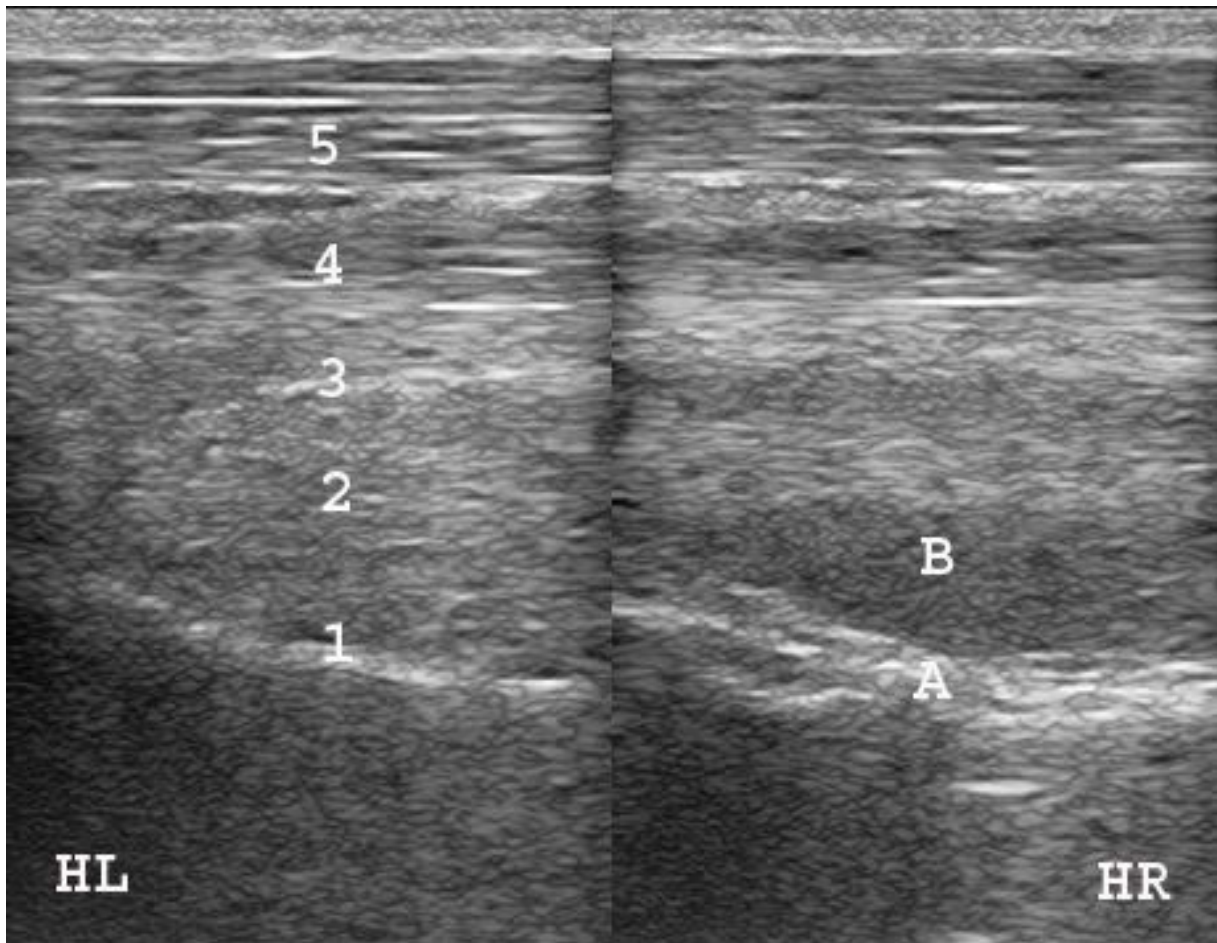


Abb. 11: Vergleichende ultrasonographische Darstellung des Sehnenpaketes im Bereich des proximalen Mt 3 (FTU), Längsschnitt

- 1) Knochenoberfläche des Mt 3
- 2) FTU
- 3) Unterstützungsband der tiefen Beugesehne
- 4) Tiefe Beugesehne
- 5) Oberflächliche Beugesehne
- A) Unregelmäßige Knochenlinie des Mt 3
- B) Diffuser Echogenitätsverlust im Bereich des FTUs

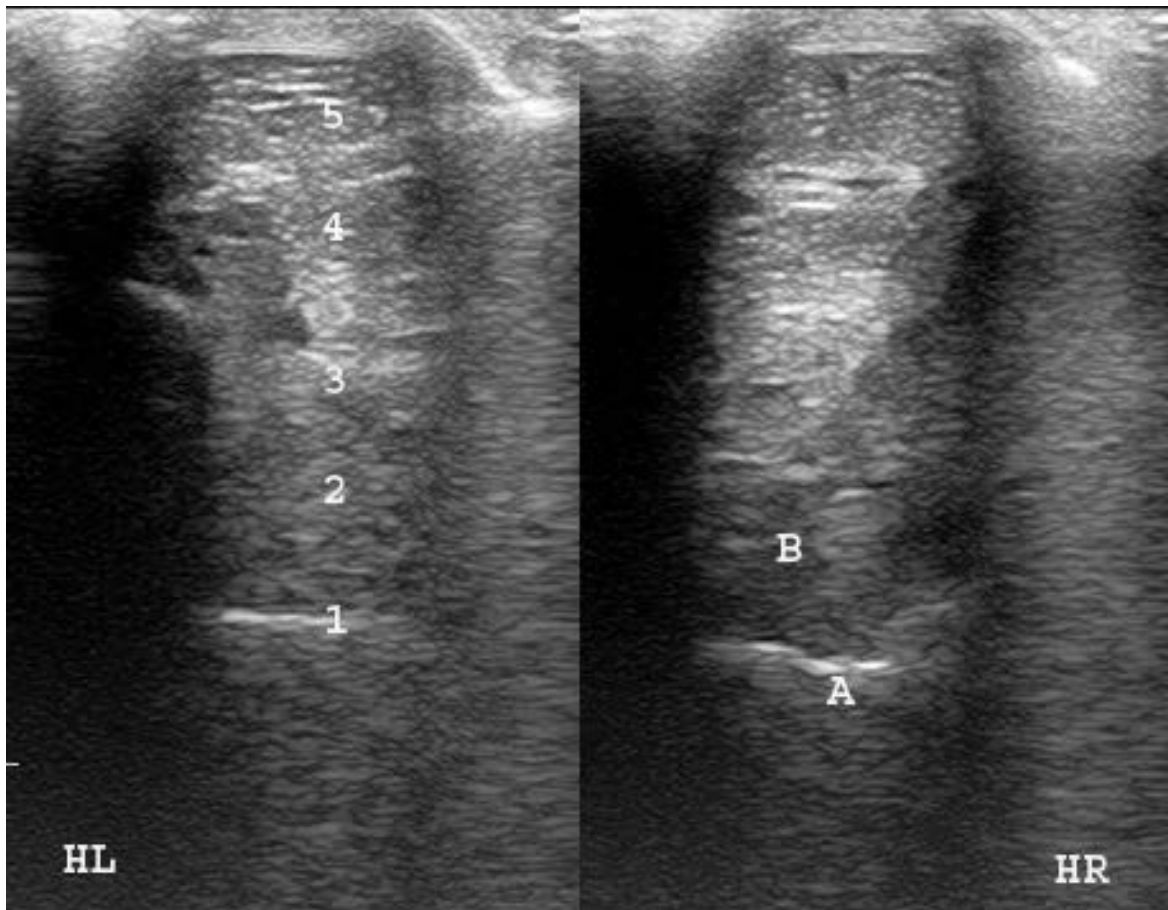


Abb. 12: Vergleichende ultrasonographische Darstellung des Sehnenpaketes im Bereich des proximalen Mt 3 (FTU), Querschnitt

- 1) Knochenoberfläche des Mt 3
- 2) FTU
- 3) Unterstützungsband der tiefen Beugesehne
- 4) Tiefe Beugesehne
- 5) Oberflächliche Beugesehne
- A Unregelmäßige Knochenlinie des Mt 3
- B Diffuser Echogenitätsverlust des FTUs

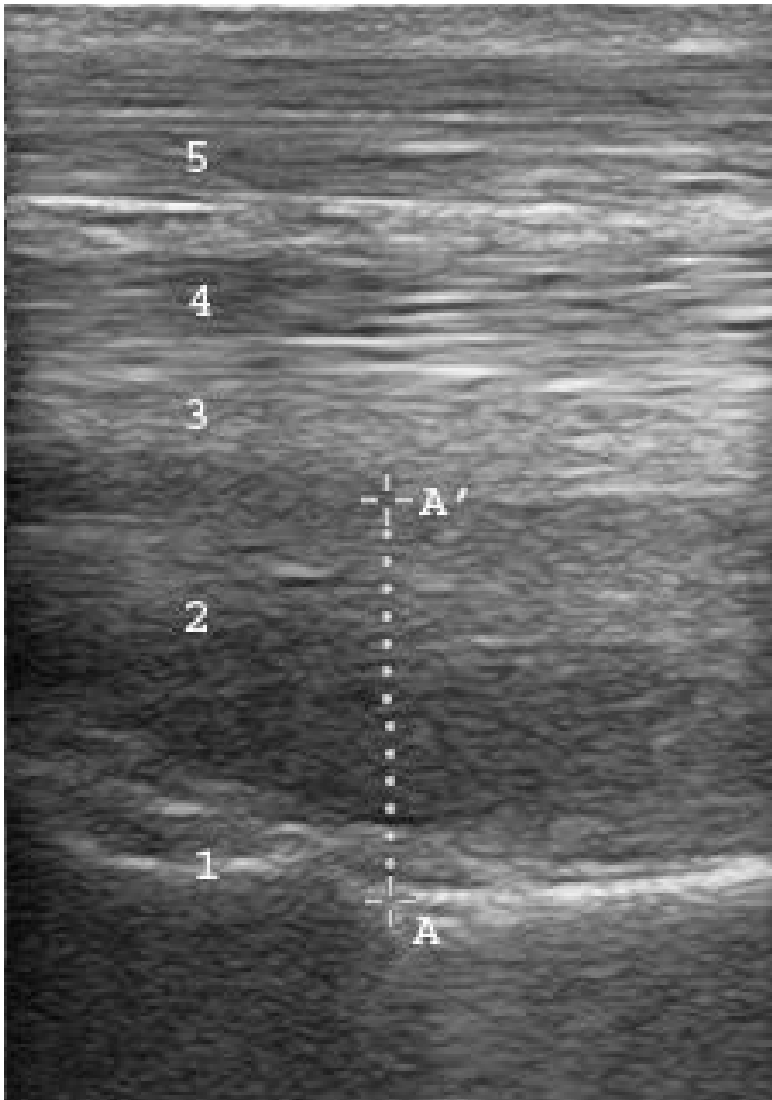


Abb. 13: Ultrasonographische Darstellung des Sehnenpaketes im Bereich des proximalen Mt 3 (FTU) mit dorsoplantarer (DP-) Messung , Längsschnitt

- 1) Knochenoberfläche des Mt 3
- 2) FTU
- 3) Unterstützungsband der tiefen Beugesehne
- 4) Tiefe Beugesehne
- 5) Oberflächliche Beugesehne

A- A' Dorsoplantare Breite des FTUs, gemessen auf Höhe der Läsion, ausgehend von der am distalsten gelegenen Faser des FTU, senkrecht bis zur plantaren Knochenoberfläche des proximalen Mt 3

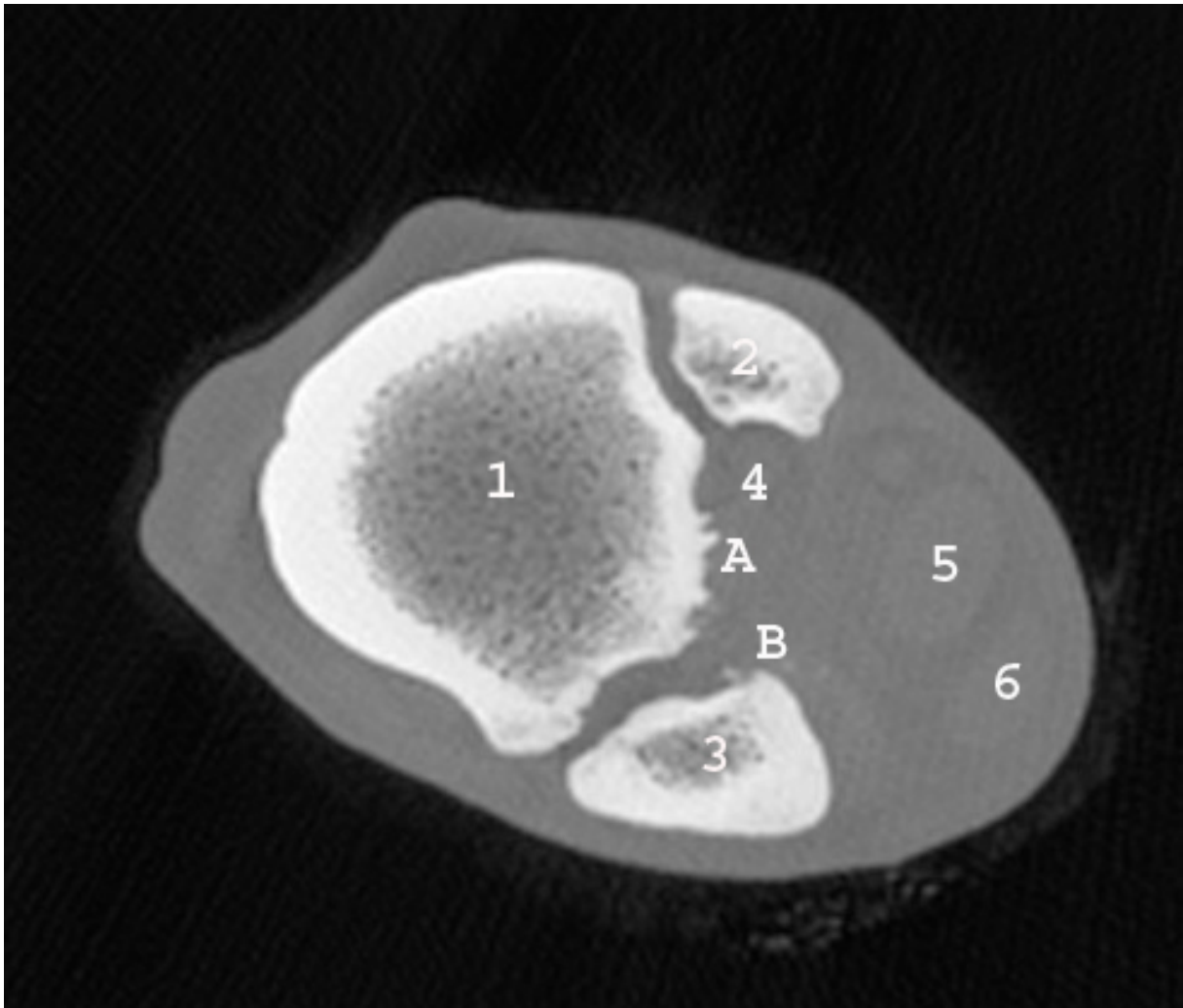


Abb. 14: CT- Bild des proximalen Mt 3, horizontal

1) Mt 3

2) Mt 2

3) Mt 4

4) FTU

5) Tiefe Beugesehne

6) Oberflächliche Beugesehne

A Exostosenbildung der proximalen plantaren Knochenlinie des Mt 3

B Mineralisationen des Sehnengewebes des FTUs

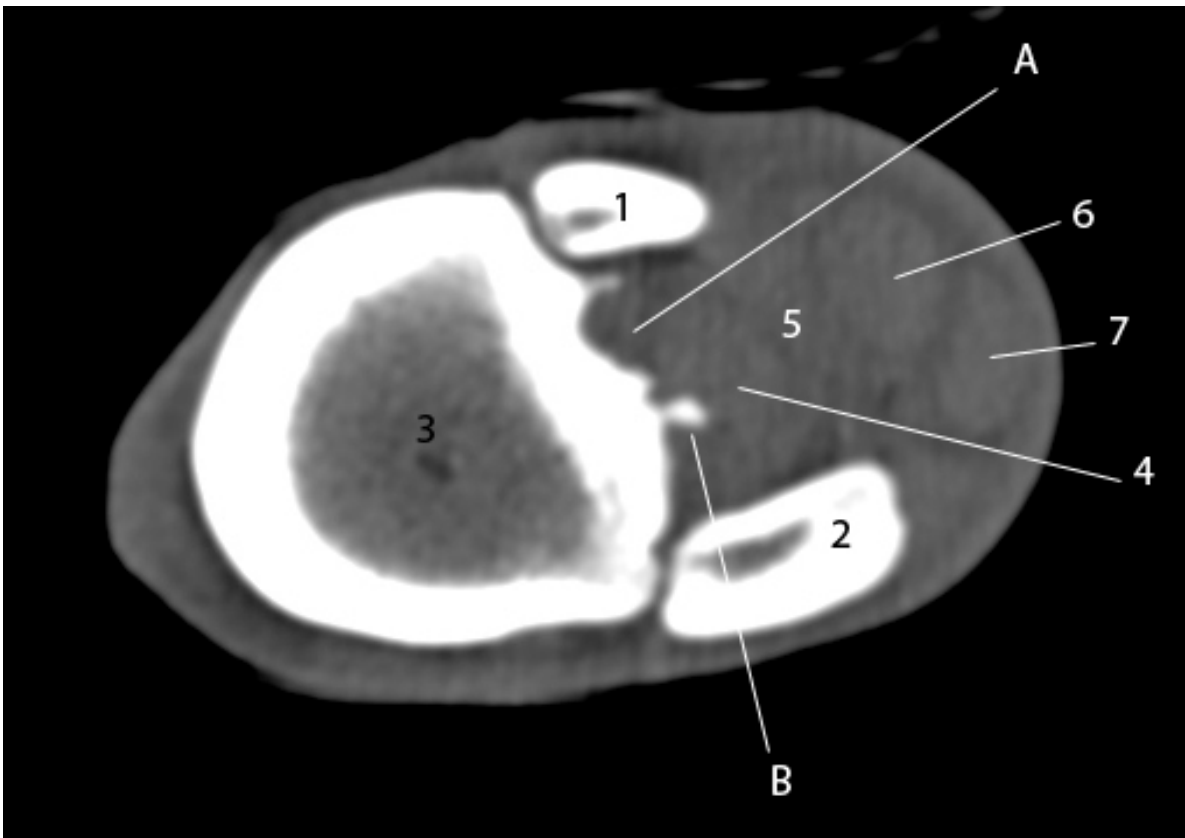


Abb. 15: CT- Bild des proximalen Mt 3, horizontal

- 1) Mt 2
- 2) Mt 4
- 3) Mt 3
- 4) FTU
- 5) Unterstützungsband der tiefen Beugesehne
- 6) Tiefe Beugesehne
- 7) Oberflächliche Beugesehne
- A) Hypodens mamorierter Bereich des FTUs (=Weichteildefekt)
- B) Exostosenbildung der proximalen plantaren Knochenlinie des Mt 3

6.4.7 Lahmheitsgrad

Der Schweregrad der Weichteilveränderungen (Echogenitäts-/Strukturveränderungen) des FTUs, die durch die bildgebenden Verfahren von Ultraschall und Computertomographie diagnostiziert werden konnten, zeigten in der vorliegenden Untersuchung nur eine sehr geringe Übereinstimmung ($\kappa_{\text{Ultraschall}} = -0.060$, $p=0.629$, $\kappa_{CT} = -0.125$, $p=0.244$) mit dem während der klinischen Untersuchung festgestellten Lahmheitsgrad. Somit kann auf Grund des Lahmheitsgrades nicht auf das Ausmaß der Strukturveränderungen des FTUs und auf die Schwere der Verletzung geschlossen werden.

6.5 Diskussion

Frühzeitige und präzise gestellte Diagnosen von Verletzungen des Fesselträgerursprungs stellen die Grundlage für eine an das Ausmaß des FTU-Schadens angepasste Therapie dar. Auf Grund dessen kann die Chance auf eine nahezu vollständige Regeneration des Schadens sowie das Wiedererlangen des alten Leistungsniveaus erhöht werden. Die Auswertungen der vorliegenden Untersuchung haben gezeigt, dass das CT für die FTU-Diagnostik von großer Bedeutung sein kann.

Röntgenologisch konnten im Vergleich zum CT nur 48.5% (22/48) der Sklerosierungen des proximopalmaren resp. proximoplantaren Metakarpal-/Metatarsalbereiches nachgewiesen werden. Nach Ansicht der Autoren kann dies dadurch erklärt werden, dass eine erhöhte Dichte in Form von sklerotischen Veränderungen nur röntgenologisch dargestellt werden kann, wenn mittel- bis hochgradige Zubildungen/Sklerosierungen am palmaren/ plantaren Kortex des Röhrbeins vorhanden sind. Geringgradige Exostosenbildung, zum Beispiel, wird durch das Röntgen nicht abgebildet und bleibt unentdeckt. Die in dieser Studie gewonnen Erkenntnisse über die Möglichkeiten des Röntgens bei der FTU-Diagnostik stimmen mit den Aussagen vorheriger Studien überein [6,22]. Die Literatur gibt Hinweise darauf, dass bei der Mehrzahl FTU-erkrankter Pferde insbesondere im akuten Stadium radiologische Veränderungen nicht vorhanden sind und häufiger bei chronischem Krankheitsverlauf sowie an Hintergliedmaßen vorkommen. Darüber hinaus können Sklerosierungen auch bei klinisch unauffälligen Pferden als Röntgenbefund nachgewiesen werden.

Ultrasonographisch konnte eine unregelmäßige Knochenoberfläche des Mk 3/ Mt 3 bei 62.5% (30/48) der Gliedmaßen klar dargestellt werden. Dieses Ergebnis entspricht den Erkenntnissen anderer Autoren, denen zufolge sich eine geringgradige Enthesiophytenbildung besser ultrasonographisch als röntgenologisch nachweisen lässt [5]. Am häufigsten jedoch wurde die Enthesiophytenbildung (48/50 96.0%) in der vorliegenden Studie computertomographisch nachgewiesen.

Knöcherne Ausrisse konnten mithilfe der Röntgendiagnostik verglichen mit den Ergebnissen der CT-Untersuchung nur zu einem Drittel (3/12 25.0%), jedoch mit hoher diagnostischer Sicherheit (75.0%) dargestellt werden. Im Ultraschall konnten diese bei 41.2% (5/12) der Gliedmaßen diagnostiziert werden, wiesen jedoch eine geringere diagnostische Sicherheit (55.5%) als die Röntgenuntersuchung auf.

Im CT gelang mithilfe der sagittalen Schnittbilder eine sehr sensitive Diagnosestellung von knöchernen Ausrissen. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse wird daher für eine präzise Diagnosestellung eine computertomographische Untersuchung empfohlen. Die Kombination der Röntgen- und Ultraschalldiagnostik kann bei fehlender CT- Untersuchung die meisten Informationen über das Vorhandensein von knöchernen Ausrissen geben. Diese Empfehlung stimmt mit vorliegender Fachliteratur überein [21-23].

Mineralisationen des Sehngewebes konnten im Vergleich zum CT anhand der Röntgenuntersuchung bei keinem der Patienten festgestellt werden. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass die Verkalkungen in den Sehnen zu klein sind, als dass sie röntgenologisch dargestellt werden können. Ultraschallgraphisch waren 25.0% (5/20) der computertomographisch diagnostizierten Verkalkungen mit hoher diagnostischer Sicherheit (100.0%) nachweisbar. Erklärt werden kann dies mit dem Phänomen des „Edge- Shadowing“ durch die Überlagerung des FTUs durch aufliegende Sehnen und Bänder sowie die tiefe palmare/ plantare metakarpale/ metatarsale Anastomose zwischen dem UBTBS und dem FTU, die zu Brechungsartefakten und in Folge dessen zu Detailungenauigkeiten führen können.

Weitere Befunde wie Veränderungen der Trabekelstruktur und Verdickungen des Kortex können ebenfalls bei FTU- Erkrankungen überwiegend bei chronisch erkrankten Hintergliedmaßen röntgenologisch festgestellt werden [21,22]. In der vorliegenden Studie konnten Verdickungen des Kortex ausschließlich mithilfe des CTs nachgewiesen werden, was auf eine diagnostisch verminderte Sicherheit des Röntgens bezüglich dieses Kriteriums schließen lässt.

Eine präzise Diagnosestellung (10/14 71.4%) war ultraschallgraphisch lediglich für diffuse Strukturveränderungen des FTUs möglich. Die geringe Übereinstimmung ultraschallgraphischer und computertomographischer Befunde bezüglich der diagnostizierten Strukturveränderungen weist auf das Problem der geringen anatomischen Detailgenauigkeit des Ultraschalls bei der FTU- Diagnostik hin. Auf diesbezügliche Schwierigkeiten und Einschränkungen wurde bereits in anderen Studien eingegangen [14,16,17]. Die schwer zugängliche anatomische Lage des FTUs auf Grund der medialen und lateralen Begrenzung durch die Griffelbeine erschwert eine vollständige Untersuchung des FTUs durch schlechte Ankopplung und damit verbundene Schallschattenbildung. Die Überlagerung durch die palmar/ plantar aufliegenden Sehnen und Bänder und die tiefe palmare/ plantare

metakarpale/ metatarsale Anastomose zwischen dem UBTBS und dem FTU verursachen Brechungsartefakte in Form von „edge shadowing“, die eine korrekte Diagnosestellung beeinträchtigen.

Die Studie bestätigt vorhandene Literatur [16], die auf hohe Artefaktanfälligkeit und Beeinträchtigung der Aussagekraft der Ultraschallbefunde durch äußere Einflüsse wie Fertigkeiten und Erfahrung des Untersuchers, Qualität des Equipments, Patienten sowie physische Gegebenheiten hinweist, sodass ultrasonographische Ergebnisse auf ihre Korrektheit und Präzision überprüft werden sollten.

Zusätzlich wird die korrekte Diagnosestellung durch die inhomogene Zusammensetzung des Fesselträgers aus Muskel-, Sehnen- und Fettgewebe erschwert. In anderen Studien konnten für den Ultraschall eine nicht akzeptable Spezifität für die Diagnosestellung einer FTU- Erkrankung und eine geringe Sensitivität für die exakte Vorhersage der Lokalisation der Läsion [14] ermittelt werden.

Denoix konnte durch die Verwendung von linearen und mikrokonvexen Ultraschallköpfen sowie unterschiedlicher Untersuchungspositionen präzisere Ergebnisse für die FTU- Diagnostik mit dem Ultraschall erzielen [24].

Ein Problem der Studie war, dass die Auswertung der Messungen auf Grund der Retrospektivität ultrasonographisch und computertomographisch nicht in exakt denselben Ebenen und Belastungszuständen erfolgen konnte. Dies erklärt, weshalb die Mittelwerte der ultrasonographischen Messungen größer als die im CT ermittelten Werte waren.

Die CT- Werte der DP- Breite wiesen eine geringere Standardabweichung auf. Die Messungen im CT können damit präziser und objektiver durchgeführt werden. Dies gilt auch für vergleichbare Messungen zwischen Ultraschall und MRT [16].

Die positive Korrelation zwischen computertomographischen und ultrasonographischen Messungen an der Vordergliedmaße konnte anhand der Studie belegt werden. In der Literatur liegen hierfür vergleichbare Ergebnisse für den Vergleich von MRT und Ultraschall vor [16].

Der Studie wurde die DP- Messung im Longitudinalscan zugrunde gelegt, da andere Messmodalitäten (Lateromediale Breite, Cross Sectional Area, Umfang) eine ungenügende Reproduzierbarkeit aufweisen [25].

Die Schwere der Lahmheit zeigte verglichen mit dem Ausmaß der FTU- Erkrankung eine geringe Übereinstimmung. Folglich kann anhand der Schwere der Lahmheit

nicht auf das Ausmaß des FTU- Schadens geschlossen werden. Dieses Resultat stimmt mit in der Literatur vorhandenen Aussagen überein [26].

Diese Studie zeigte, dass das CT die beste Aussage für eine FTU- Diagnosestellung liefert. Grund hierfür ist die Option zur Beurteilung weiterer Kriterien wie fibrosale Adhäsion, unregelmäßig gezeichnete axiale Ränder der Griffelbeine sowie die Exostosenbildung des Mk 3/ Mt 3 und die gleichzeitige Darstellung von Knochen- und Weichteilveränderungen in sagittaler und transversaler Schnittebene. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, eine unmittelbare Schädigung der Weichteile durch Knochenveränderungen zu erkennen [6].

Um Strukturveränderungen präzise auswerten zu können, bedarf es einer genauen Darstellung der Gewebestruktur, die das CT ebenfalls ermöglicht [19].

Ein weiterer Vorteil des CTs gegenüber dem Ultraschall besteht in der nach einem standardisierten Protokoll durchgeführten Untersuchung. Der Einfluss äußerer Faktoren auf die bildgebende Darstellung wird damit weitgehend ausgeschlossen.

Der angewandte Kappa- Test ist stark prävalenzabhängig, daher müssen die ermittelten Kappa- Werte vergleichend betrachtet werden. Die Prävalenz bleibt auf Grund derselben verwendeten Population jedoch für alle drei bildgebenden Diagnostiken gleich.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Röntgen vorrangig dem Ausschluss möglicher Differentialdiagnosen dient, da röntgenologische Veränderungen bei FTU- Erkrankungen nicht konstant vorhanden sind. Die Ergebnisse der ultrasonographischen Untersuchung sollten auf Grund der Artefaktanfälligkeit durch die schwer zugängliche Lage des FTUs sowie äußere Einflüsse stets auf ihre Korrektheit und Präzision hinterfragt werden. Die Auswertungen der vorliegenden Studie haben gezeigt, dass das CT die größte anatomische Detailgenauigkeit besaß sowie durch die Darstellungsmöglichkeiten verschiedener Schnittebenen eine präzise Diagnosestellung von FTU- Erkrankungen im Knochen- und Weichteilbereich ermöglicht.

Herstellungsnachweis:

^a Esaote, Köln, Germany

^b Siemens Somatom Plus 4; Siemens Medical Solution; D- 91052 Erlangen,
Deutschland

^c OsiriX v.4.1 64- bit, DICOM Viewer: www.osirix-viewer.com

^d SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA

6.6 Literaturverzeichnis

1. Dyson, S. (1991a) Proximal suspensory ligament desmitis: Clinical, ultrasonographic and radiographic features. *Equine Vet. J.* **23**, 25-31.
2. Dyson, S. (1994) Proximal suspensory desmitits in the hindlimb: 42 cases. *Br. Vet. J.* **150**, 279-291.
3. Dyson, S. (2000) Proximal suspensory desmitis in the forelimb and the hindlimb. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* **46**, 137-142.
4. Booth, T.M. (2003) Proximal suspensory ligament desmitis with suspensory ligament avulsion fractures. *Equine Vet. Educ.* **15**, 132 - 133.
5. Dyson, S.J., Arthur, R.M., Palmer, S.E., Richardson, D. (1995) Suspensory ligament desmitis. *Vet. Clin. N. Am.: Equine Pract.* **11**, 177-215.
6. Launois, M.T., Vandeweerd, J.-M.E.F., Perrin, R.A.R., Brogniez, L., Desbrosse, F.G., Clegg, P.D. (2009) Use of computed tomography to diagnose new bone formation associated with desmitis of the proximal aspect of the suspensory ligament in third metacarpal or third metatarsal bones of three horses. *J. Am. Vet. Med. Ass.* **234**, 514-518.
7. Brokken, M.T., Schneider, R.K., Sampson, S.N., Tucker, R.L., Gavin, P.R., Ho, C.P. (2007) Magnetic Resonance Imaging Features of Proximal Metacarpal and Metatarsal Injuries in the Horse. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **48**, 507-517.
8. Morgan, R. and Dyson, S. (2012) Incomplete longitudinal fractures and fatigue injury of the proximopalmar medial aspect of the third metacarpal bone in 55 horses. *Equine Vet. J.* **44**, 64-70.
9. Ross, M.W., Ford, T.S. and Orsini, P.G. (1988) Incomplete longitudinal fracture of the proximal palmar cortex of the third metacarpal bone in horses. *Vet. Surg.* **17**, 82-86.
10. Specht, T.E., Colahan, P.T. (1990) Osteostixis for incomplete cortical fracture of the third metacarpal bone. *Vet. Surg.* **19**, 34-40.
11. Dyson, S. (1991b) Desmitis of the accessory ligament of the deep digital flexor tendon: 27 cases (1986–1990). *Equine Vet. J.* **23**, 438-444.
12. Zubrod, C.J., Schneider, R.K., Tucker, R.L. (2004) Use of magnetic resonance imaging to identify suspensory desmitis and adhesions between exostoses of the second metacarpal bone and the suspensory ligament in four horses. *J. Am. Vet. Med. Ass.* **224**, 1815 – 1820.
13. Zubrod, C.J., Barrett, M.F. (2007) Magnetic Resonance Imaging of Tendon and Ligament Injuries. *Clin. Tech. Equine Pract.* **6**, 217-229.
14. Labens, R., Schramme, M.C., Robertson, I.D., Thrall, D.E., Redding, W.R. (2010) Clinical, magnetic resonance, and sonographic imaging findings in horses with proximal plantar metatarsal pain. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **51**, 11-18.
15. Nagy, A. and Dyson, S. (2012) Magnetic resonance imaging findings in the carpus and proximal metacarpal region of 50 lame horses. *Equine Vet. J.* **44**, 163-168.

16. Bischofberger, A.S., Konar, M., Ohlerth, S., Geyer, H., Lang, J., Ueltschi, G., Lischer, C.J. (2006) Magnetic resonance imaging, ultrasonography and histology of the suspensory ligament origin: a comparative study of normal anatomy of Warmblood horses. *Equine Vet. J.* **38**, 508-516.
17. Schramme, M., Josson, A., Linder, K. (2012) Characterization of the origin and body of the normal equine rear suspensory ligament using ultrasonography, magnetic resonance imaging, and histology. *Vet. Radiol. Ultrasound* **53**, 318-328.
18. Nagy, A. and Dyson, S. (2012) Magnetic resonance imaging and histological findings in the proximal aspect of the suspensory ligament of forelimbs in nonlame horses. *Equine Vet. J.* **44**, 43-50.
19. Kaser-Hotz, B., Sartoretti-Schefer, S., Weiss, R. (1994) Computed tomography and magnetic resonance imaging of the normal equine carpus. *Vet. Radiol. Ultrasound* **35**, 457-461.
20. Tomlinson, J.E., Redding, W.R., Berry, C., Smallwood, J.E. (2003) Computed tomographic anatomy of the equine tarsus. *Vet. Radiol. Ultrasound* **44**, 174 – 178.
21. Gibson, K.T. and Steel, C.M. (2002) Conditions of the suspensory ligament causing lameness in horses. *Equine Vet. Educ.* **14**, 39 - 50.
22. Dyson, S. (2007) Diagnosis and management of common suspensory lesions in the forelimbs and hindlimbs of sport horses. *Clin. Tech. Equine Pract.* **6**, 179-188.
23. Reef, V.B. (1998) Musculoskeletal ultrasonography. In: *Equine Diagnostic Ultrasound*, 1st edn., Ed: V.B. Reef, Saunders, Philadelphia. pp 59-71, 99-107.
24. Denoix, J.M., Coudry, V., Jacquet, S. (2008) Ultrasonographic procedure for a complete examination of the proximal third interosseous muscle (proximal suspensory ligament) in the equine forelimbs. *Equine Vet. Educ.* **20**, 148-153.
25. Zauscher, J.M., Estrada, R., Edinger, J., Lischer, C. J. (2013) The proximal aspect of the suspensory ligament in the horse: How precise are ultrasonographic measurements? *Equine Vet. J.* **45**, 164-169.
26. McKinnon, A.O., Rantanen, N.W. (1998) Suspensory apparatus. In: *Equine diagnostic ultrasonography*, 5th edn., Ed: A.O. McKinnon, N.W. Rantanen, Williams & Wilkins, Baltimore. pp 450-460.